



## Sachstandsanalyse Energiemais

### **„Energiemaisanbau - Auswertung agrarstatistischer Daten und Studien, Einordnung und Bewertung der Wirkungen des Energiepflanzenanbaus auf die Agrarflächennutzung“**

Auftraggeber: Bundesministerium für Umwelt,  
Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)

**Bearbeitungszeitraum:** 25.03.2011 – 25.05.2011

**Ausführende Stelle:** Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL)

**Bearbeitung:** Dr. Katja Gödeke, Dr. Gerd Reinhold, Dr. Armin Vetter,  
Dr. Walter Peyker, Torsten Graf, Christina Warsitzka (alle TLL) und  
Karen Schubert (BIOBETH)

Aus laufenden Drittmittelprojekten wurden u.a. Zuarbeiten von folgenden TLL-Mitarbeitern verwendet:

Christian Weiser (Basisinformationen für eine nachhaltige Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen zur Bioenergieerzeugung, FKZ-BMU 03KB021B)

Martin Dotzauer (Regionale Beratung und Information zur Erzeugung und zum effektiven Einsatz von Bioenergien in land- und forstwirtschaftlichen Unternehmen sowie Verbraucherinformation zu Energiepflanzen, FKZ-FNR 22006309)

Annika Hilse (Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse - FKZ-BMU 03MAP138)

**Berichtlegung:** 25.05.2011

Jena, im Mai 2011



(Peter Ritschel)  
Präsident



(Dr. habil. Armin Vetter)  
AL Pflanzenproduktion und Agrarökologie

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>0. Zusammenfassende Schlussfolgerungen</b>	<b>4</b>
<b>1. Grundlagen des Maisanbaus</b>	<b>7</b>
a. Eigenschaften und Anforderungen der Pflanze und ihres Anbaus	7
b. Nutzungs- und Verwertungsrichtungen	8
c. Regionale Hauptanbaugebiete für bestimmte Nutzungs- und Verwertungsrichtungen	9
<b>2. Statistische Grundlagen/Zeitreihen und regionale Verteilung</b>	<b>10</b>
a. Agrarstruktur und bodenklimatische Gegebenheiten	10
b. Maisanbauflächen	13
c. Viehbestände	15
d. Dauergrünland	17
e. Biogasanlagen	20
i. Anlagenleistung und deren Verteilung	20
ii. Einsatzsubstratanteile der Biogasanlagen	22
iii. Stand und Entwicklung von Biomethaneinspeiseanlagen	24
f. Ethanolanlagen auf Maisbasis/mit nennenswerten Maisanteilen	25
<b>3. Komplexe Betrachtung verschiedener Einflussfaktoren auf den Maisanbau, international, national und regional</b>	<b>26</b>
a. Ölpreisentwicklung und Getreidepreisentwicklung	26
b. EEG-Novellierung (im Allgemeinen)	27
c. Agrarstrukturentwicklung	29
<b>4. Zusammenstellung und Wertung aller in der Öffentlichkeit plakatierten Wirkungen des Energiemaisanbaus</b>	<b>31</b>
a. „Biodiversitätsverlust“	31
b. Auswirkungen des Energiemaisanbaus auf die Humusreproduktion	34
c. Nährstoffauswaschung (Grundwassergefährdung) und Erosionspotenzial	39
<b>5. Einschätzung der Wirkungen der EEG-Boni „NAWARO“ und „Gülle“</b>	<b>40</b>
a. Wirkung auf die Nutzung landwirtschaftlicher Flächen	40
b. Wirkung auf die Nutzung von Reststoffen in Biogasanlagen (Gülleanteil)	43
i. Stand des Einsatzes von Wirtschaftsdünger als Maisersatz in BGA	43
ii. Wirkungen der EEG Novellen auf den Anlagenausbau und Substrateinsatz	44
<b>6. Ableitung von Handlungsoptionen</b>	<b>48</b>
a. Argumentationshilfen zur objektiven Darstellung von Landnutzung und Nutzungsänderungen zur Bioenergieproduktion	48
b. Mögliche Wege in der Energiepolitik zur Zielerreichung einer nachhaltigen Bioenergieproduktion in allen Regionen Deutschlands	50
<b>7. Literatur</b>	<b>51</b>

## 0. Zusammenfassende Schlussfolgerungen

### Maisanbau

- Mais (*Zea mays*) zählt weltweit zu den wichtigsten Kulturpflanzen und wie Hirse und Zuckerrohr, zur Unterfamilie der tropischen Süßgräser.
- Mais ist eine ertragreiche Pflanze mit hoher Wasser- und Stickstoffeffizienz sowie geringem Pflanzenschutzmittelindex.
- Anbaubedingt kritischen Vegetationsabschnitten, wie fehlende Bodenbedeckung über Winter (Nährstoffaustrag) oder später Bestandesschluss (Erosionsgefährdung) kann mit geeigneten Maßnahmen wirkungsvoll begegnet werden.
- Nährstoffe der organischen Dünger können von der Maispflanze sehr gut verwertet werden, so dass der Mais die aus der Kombination Maisanbau und Tierhaltung entstehenden Wirtschaftsdünger ideal verwerten kann.

### Flächennutzung

- Maisanbauflächen konzentrieren sich agrarstrukturell bedingt in den Gebieten mit hoher Viehdichte.
- In den letzten 20 Jahren steht einem Silomaisflächenzuwachs von 35 % ein Körnermaisflächenzuwachs von 103 % gegenüber, wobei aktuell der Anteil Körnermais 20 % an der Gesamtmaisfläche beträgt.
- Der wachsende Körnermaisbedarf wird u.a. am entsprechenden Zuwachs an Schweinen in den letzten 10 Jahren um 5 % und sinkenden Rinderbeständen um 13 % deutlich.
- Ein Zusammenhang der Grünlandverdrängung durch Maisanbau ist lediglich tendenziell zu erkennen. Die Zahlen zu Grünlandverlusten (Flächenverlusten im Allgemeinen) sind kritisch zu hinterfragen, da die Veränderung statistischer Erhebungsgrenzen objektive Zeitreihenvergleiche erschweren.
- Komplexe Zusammenhänge zwischen Veränderungen auf den globalen Märkten (Öl-, Getreide-, Betriebsmittelpreise) und der Höhe der Maisanbauflächen in Deutschland sind nicht zu erkennen.
- Hoher Biogasanlagen-Besatz (kW/ha Landwirtschaftliche Nutzfläche LF) korrespondiert nicht direkt mit hoher Viehdichte und somit auch nicht mit hohen Flächenanteilen Mais an der LF.
- Ein beschränkter Einsatz von Mais, als effektivstem Einsatzsubstrat in Biogasanlagen, hat zur Erreichung derselben Leistung in der Biogasproduktion mit alternativen Kulturarten, eine höhere Flächennutzung für Bioenergie zur Folge.

### Umweltwirkungen

- Der Anbau von Mais in Selbstfolge reduziert die potenzielle Artenvielfalt stark, wie jede anuelle Fruchtart, die in Monokultur angebaut wird.
- Der Maisanbau im Fruchtwechsel mit anderen Kulturen fördert die Artenvielfalt von Flora und Fauna auf den Ackerflächen.

- Hohe, dichte und flächenmäßig große Maisbestände behindern im Spätsommer und Frühherbst die individuell subjektiven Sichtachsen in die Landschaft. Gleichzeitig begrünen sie jedoch die Landschaft, wenn z.B. Getreidefelder bereits abgeerntet sind und bieten damit verbleibende Rückzugsgebiete für die verschiedenen Lebensformen.
- Ziel sollte der Einsatz eines möglichst breiten Biogaspflanzenspektrums sein, um einer negativen Wahrnehmung vorzubeugen.
- Die Humusbilanzkoeffizienten von Silomais bedürfen, wegen einer heutigen, weniger intensiven Bodenbearbeitung beim Anbau, einer Korrektur.
- Die Humuswirkung von Gärresten ist höher zu beurteilen als die von unvergorener Gülle. Auch hier bedarf es einer fachlichen Überprüfung.
- Hohe Maisanteile an der Ackerfläche bedingen keine negativen Humussalden, wenn eine Rückführung organischer Dünger (z.B. Gülle, Gärreste) erfolgt.
- N-Überschusssalden sowie starke Erosion auf den Flächen mit Maisanbau sind Fehlern im Betriebsmanagement geschuldet, nicht der Fruchtart (s. o. Maisanbau).

#### Biogasanlagenstruktur/Substrateinsatz

- Mais ist z. Zt. das Einsatzsubstrat mit dem höchsten Methan-Hektar-Ertrag und die Fruchtart mit den geringsten Kosten sowohl als Grundfutter für Wiederkäuer pro Energieeinheit (€/MJNEL) als auch als Substrat für die Biogaserzeugung pro Menge erzeugtem Methan (ct/m<sup>3</sup> Methan).
- Der Maiseinsatzanteil wird bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen wesentlich durch die Agrarstruktur, mit dem entsprechenden Gülleanfall, bestimmt.
- Der Maisanteil an der Biogasanlagenfütterung steigt mit der Anlagengröße deutlich an.
- In kleinräumig strukturierten Agrargebieten (z.B. in Baden-Württemberg) ist der Maisanteil aufgrund der kleineren Einheiten der Tierhaltung und der für die Struktur zu groß dimensionierten Biogasanlagen, höher.
- Das Betriebswachstum in den Veredlungsregionen mit hohem Tierbesatz geht in Richtung Biogas, ohne dass Wirtschaftsdünger verstärkt genutzt werden.

#### Wirkungen des EEG auf Maiseinsatz, Anbaufläche und Anlagengröße

- Mit dem EEG 2000 wurden die Grundlagen für die Einführung der Biogastechnik in die Landwirtschaft geschaffen. Gülle und biogene Reststoffe stellten fast die alleinigen Substrate dar.
- Die EEG-Novellierung 2004, mit Einführung des NaWaRo-Bonus, hat zu einem verstärkten Maisanbau und Einsatz in Biogasanlagen geführt, da Mais den höchsten Methanhektarertrag und damit das kostengünstigste Einsatzsubstrat bietet.
- Mit dem EEG 2004 gab es keinerlei Anreize für eine Güllevergärung, der Maisanteil stieg (Trockenfermentationsbonus).
- Mit dem EEG 2009 wurden, ausgehend vom Güllebonus, kleine Anlagen (150 kW) mit 30 % Gülleeinsatz zum Erfolgsmodell. Durch die Kopplung von Gülle und NaWaRo-Bonus bestand jedoch kein Anreiz zum Gülleeinsatz > 30 %. Durch das differenzierte Bonisystem

kam es dann zu Mitnahmeeffekten, indem durch 30 % Gülleinsatz eine Quersubventionierung des Maiseinsatzes möglich wurde.

- Biogasanlagen in den Veredelungsregionen wurden, bedingt durch das EEG 2004 (Trockenfermentationsbonus), in einer dafür optimalen Anlagengröße von 500 kW errichtet. Um hier hohe Gülleanteile an der Vergärung zu gewährleisten, fehlen selbst in diesen viehstarken Gebieten die Güllemengen.

### **Optimierung des Maisanbaus und –einsatzes zur Biogasproduktion**

- ➔ Mais ist unter acker- und pflanzenbaulichen Gesichtspunkten nicht besser oder schlechter als andere Kulturarten. Bei optimiertem Management gibt es keinerlei Bedenken für die Umwelt.
- ➔ Mais ist z.Zt. aufgrund der hohen Ertragsleistung und Verdaulichkeit sowie der geringen Produktionskosten das kostengünstigste Einsatzsubstrat für die Biogasproduktion.
- ➔ Andere Fruchtarten können das Substratspektrum ergänzen, ein umfangreicher Ersatz von Mais mit anderen Kulturarten, würde u.a. aufgrund der geringeren Ertragsleistungen (Trockenmasse, Methan), zu einer erheblichen Flächenausdehnung für die Substratbereitstellung für die Biogasproduktion führen.
- ➔ Der Ersatz von Mais durch den Anbau alternativer Fruchtarten nimmt sicherlich die bestehenden hohen Mais-Konzentrationen aus den betroffenen Landkreisen, verstärkt aber in anderen Landkreisen die ggf. bereits hohe Konzentration dieser Alternativfrüchte.
- ➔ Eine Begrenzung des Maisanteils in Biogasanlagen ist also eine methodenorientierte Maßnahme, die Einhaltung von regional angepassten Fruchtfolgen dagegen eine zielorientierte Maßnahme, die bereits in den Cross-Compliance-Regelungen geregelt und ggf. zu präzisieren ist.
- ➔ Maßnahmen, die in die unternehmerische Entscheidung des Landwirtschaftsbetriebes eingreifen (z.B. Fruchtfolgegestaltung), sind vorzugsweise über das Fachrecht zu regeln.
- ➔ Dünge- und Humuswirkungen von zurückzuführenden Gärresten sind zu überdenken und ggf. im Fachrecht zu regeln.
- ➔ Finanziell weniger attraktive Einsatzsubstrate, die zu einer Diversifizierung, auch des Anbaus, führen würden, sind mit entsprechenden Anreizen zu versehen.
- ➔ Der Einsatz von Gülle ist zu entkoppeln, um die „Sogwirkung“ für den Einsatz pflanzlicher Substrate zu verhindern.

## **1. Grundlagen des Maisanbaus**

### **a. Eigenschaften und Anforderungen der Pflanze und ihres Anbaus**

Mais (*Zea mays*) zählt weltweit zu den wichtigsten Kulturpflanzen. Die einjährige, einhäusige Pflanze gehört wie auch Hirsen und Zuckerrohr, innerhalb der Familie der Süßgräser, zur Unterfamilie der tropischen Süßgräser. Die ursprüngliche Herkunft des Maises ist Mittelamerika. Durch intensive Züchtungsarbeit wurde er gut an die klimatischen Bedingungen in Mitteleuropa angepasst. Seit Anfang der achtziger Jahre des 20. Jahrhunderts kommen ausschließlich Hybridsorten zum Anbau.

Die C-4-Pflanze Mais stellt hohe Ansprüche an die Lufttemperatur. Die frühreifsten Sorten benötigen zum sicheren Erreichen der Siloreife (Trockensubstanzgehalt > 28 %) eine Durchschnittstemperatur von Mai bis September von ca. 13 °C, für Körnermais etwa 14,5 °C. Nach ROTH et al. (2005) beträgt der Evapotranspirationskoeffizient 191 kg Wasser/kg Trockenmasse (bei Weizen ca. 330 kg Wasser/kg Trockenmasse). Zur Erreichung zufrieden stellender Erträge sind in diesem Zeitraum je nach Speichervermögen des Bodens Niederschläge von 250 bis 300 mm notwendig.

Mais hat geringe Ansprüche an die Bodenart, dafür aber hohe an die Bodenstruktur. Eine gute Versorgung mit Nährstoffen und Wasser ist nur bei einer guten Durchwurzelbarkeit, d.h. einer guten Struktur des Bodens gegeben. Mais ist eine gute Vorfrucht für alle anschließenden Nachfrüchte. Er stellt keine spezifischen Ansprüche an die Vorfrucht und ist zudem mit sich selbst verträglich. Er ist ein Humuszehrer, daher eignen sich Getreidearten als günstige Vor- und Nachfrüchte. Allerdings lässt die Selbstverträglichkeit des Maises eine hohe Flexibilität bei der Anbaufruchtfolge zu, was auch mehrjährige Maisselbstfolge ermöglicht. Neben Strukturschäden im Boden kann es dabei zum Aufbau eines erhöhten Krankheits- und Schädlingsdrucks kommen (Blattflecken, Fusarien; Maiswurzelbohrer, Maiszünsler).

Nährstoffe der organischen Dünger können von der Maispflanze sehr gut verwertet werden, so dass der Mais ideal die aus der Kombination Maisanbau und Tierhaltung entstehenden Wirtschaftsdünger verwerten kann. Mais hat jedoch insgesamt ein mit Getreidepflanzen vergleichbares sowie gegenüber anderen Futterpflanzen wie Feldgras deutlich niedrigeren Stickstoffbedarf. Der Mais weist auch gegenüber Getreide einen deutlich geringeren Pflanzenschutzbehandlungsindex von 1,9 (Weizen: 5,8; FREIER et al., 2010) auf, der beim Biomasseanbau noch weiter reduziert werden kann, da auch Beikräuter in der Biogasanlage vergoren werden können. Somit gilt Mais als eine relativ gesunde Pflanze.

Als Reihenkultur und durch seine langsame Jugendentwicklung schließt der Mais den Bestand spät, so dass eine erhöhte Erosionsgefährdung besteht. Dieser ist mit entsprechenden standortangepassten Maßnahmen zu begegnen (Tabelle 1).

**Tabelle 1:** Übersicht Vor- und Nachteile des Maisanbaus

Vorteile des Maisanbaus	Probleme des Maisanbaus und → Lösungsmöglichkeiten
züchterisch sehr gut bearbeitet entsprechend den spezifischen Gebrauchsanforderungen	Ertragspotenzial spätreiferer Sorten unter den konkreten Standortbedingungen nicht immer realisierbar → Anbau von sicher 28 % TS-Gehalt erreichenden Sorten zu einem in die Fruchtfolgegestaltung passenden Zeit- raum
hohe Erträge bei kurzer Vegeta- tionszeit; sehr gute Silierbarkeit	durch fehlende Bodenbedeckung über Winter und spätem Bestandesschluss (Reihenkultur) besteht höhere Stick- stoffaustrags- und Erosionsgefährdung → Anbau von Winterzwischenfrüchten → verringerte Reihenabstände → Mulchsaat → Untersaat von Gräsern
geringe Ansprüche an die Bo- denart	Humuszehrer → ausreichende Zufuhr organischer Substanz in der Fruchtfolge und vollständige Gärrestrückführung
niedriger spezifischer N-Bedarf und gute Verwertung organi- scher Dünger	gute Gülleverträglichkeit → Düngung entsprechend guter fachlicher Praxis
geringer Aufwand an Pflanzen- schutz	gute Selbstfolgeverträglichkeit → standortangepasste Fruchtfolgen
hohe Wassereffizienz und damit gute Anpassung an Klimawandel	relative Anbauvorzüglichkeit gegenüber Alternativfrüchten steigt

## **b. Nutzungs- und Verwertungsrichtungen**

Der Mais ist sehr vielfältig nutzbar. Die Hauptverwertungsrichtung in Deutschland (etwa 80 %) liegt in der Nutzung der gesamten Pflanze als **Silomais** für die Fütterung landwirtschaftlicher Nutztiere. Zusätzlich gewann Maissilage ab 2004 infolge der Novelle des EEG eine Bedeutung als Substrat in Biogasanlagen.

Als vorteilhaft erweist sich die gute Siliereignung auf Grund des hohen Zucker- und niedrigen Gehaltes an puffernden Substanzen.

Als **Körnermais** bzw. **Korn-Spindel-Gemisch** (CCM) wird Mais in der Fütterung vor allem von Monogastriern (hauptsächlich Schweine) genutzt. Die industrielle Verwertung (Stärke, Maisgries) findet hauptsächlich mit Importware statt.

Zusätzlich gibt es einen geringen Anbau von **Gemüsemais** (Zuckermais) mit einer Gesamtfläche von ca. 1.900 ha (2010), hauptsächlich in Süddeutschland.

Trotz eines in Sortenversuchen nachgewiesenen züchterischen Fortschritts stagnierten die Erträge für Silomais in den letzten zehn Jahren, was sicher auf die Ausdehnung des Maisanbaus in klimatisch dafür weniger geeignete Gebiete zurückzuführen ist.

Dieser Entwicklung Rechnung tragend haben die Züchterhäuser begonnen, spezielle **Energie-  
maissorten** zu entwickeln. Die Züchtungsbemühungen richten sich einmal auf einen hohen Ertrag an organischer Trockensubstanz, wobei Kompromisse in der Reife und Zusammensetzung

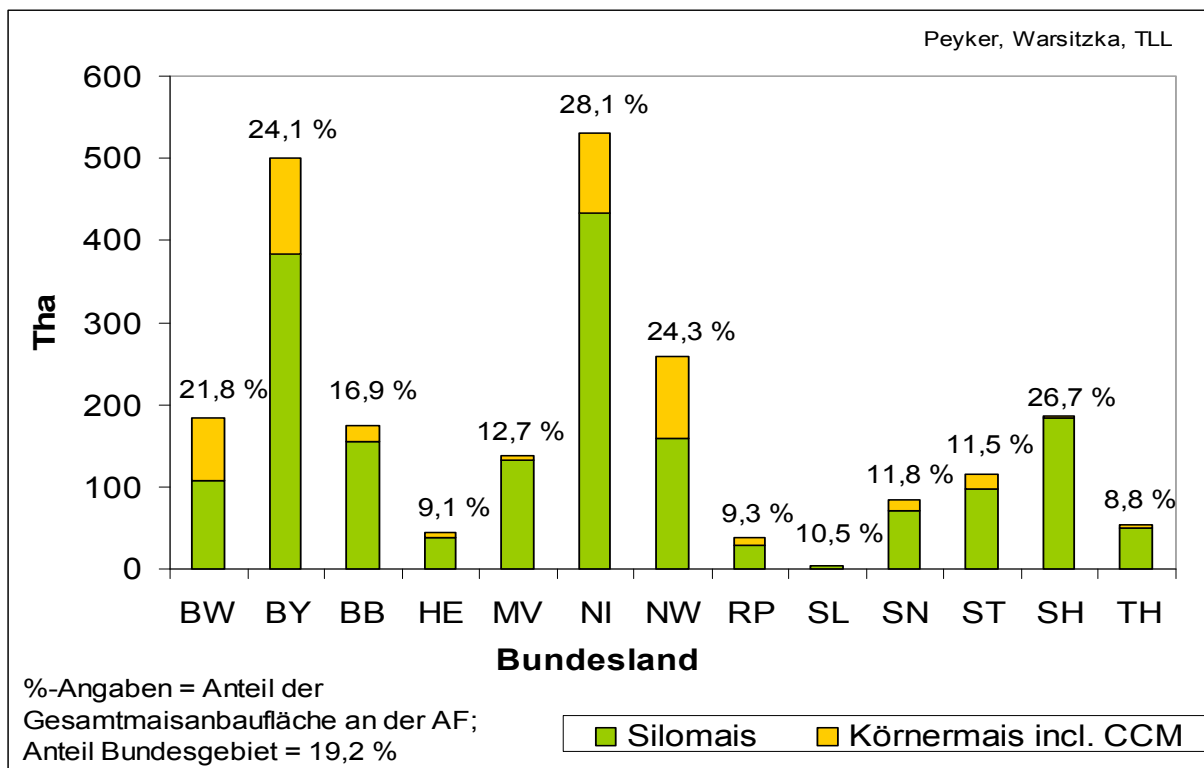


der Inhaltsstoffe in Kauf genommen werden und in einer anderen Strategie auf die Erhöhung der Qualität und damit auf eine möglichst hohe Methanausbeute bei hohem Ertrag und früherer Reife.

Mit leistungsstarken, frühreifen Sorten und unter den sich ändernden klimatischen Bedingungen weitet sich der Anbau von Silomais somit zusätzlich in Regionen, die bisher vornehmlich von Getreide, Rüben, Kartoffeln und Raps geprägt waren, aus.

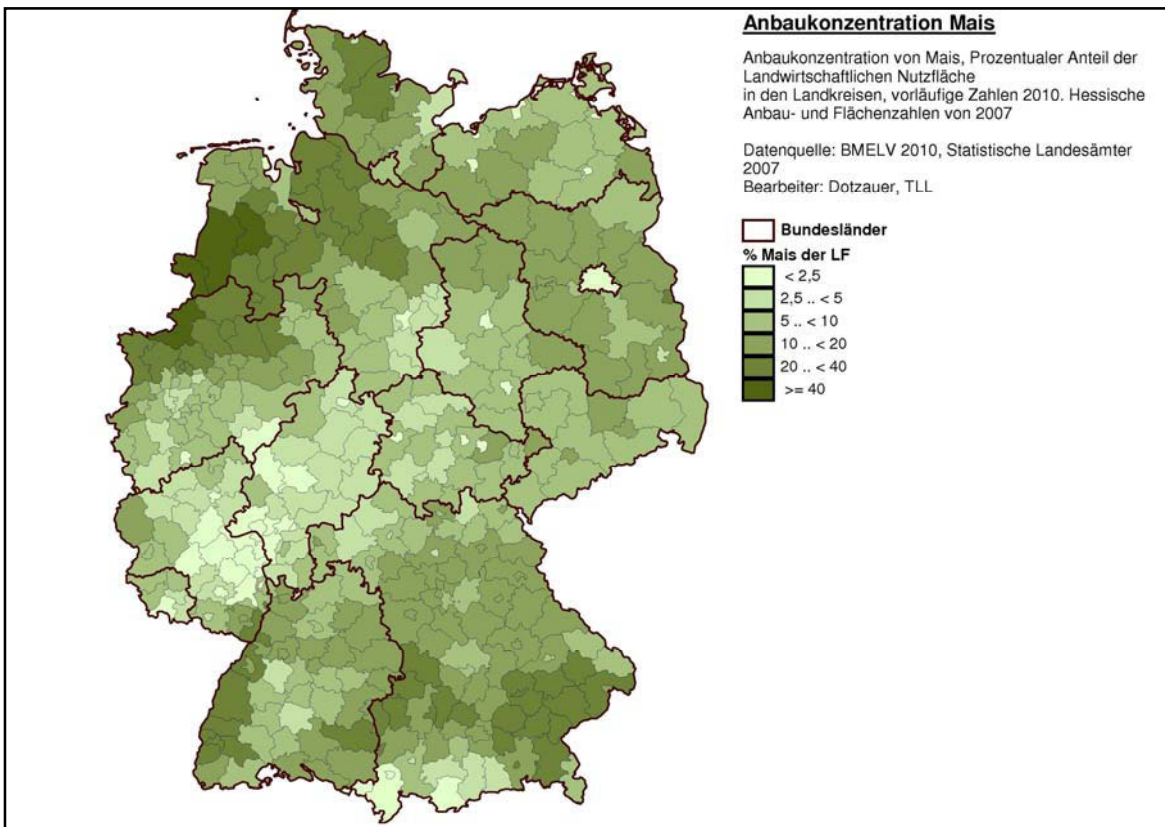
### c. Regionale Hauptanbaugebiete für bestimmte Nutzungs- und Verwertungsrichtungen

Während der Silomaisanbau flächendeckend in örtlicher Abhängigkeit von der Rinderhaltung in Deutschland auf insgesamt 1,83 Mio. ha (2010) stattfindet, stellen die Hauptstandorte der tierischen Veredelung die Vorzugsregionen für den Körnermais- bzw. CCM-Anbau dar sowie zusätzlich auch die temperaturmäßig begünstigten Gebiete des Oberrheingrabens und in Niederbayern, auf insgesamt 465.000 ha (2010). Der Einsatz von Körnermais in der Tierhaltung erfolgt allerdings überregional, da Transportwürdigkeit vorliegt. In der folgenden Abbildung 1 sind die Maisanbauflächen der einzelnen Bundesländer dargestellt, differenziert nach Nutzungsrichtung. Die großen Körnermaisregionen lassen sich also erwartungsgemäß auf vier Bundesländer beschränken (BW, BY, NI und NW). Der Silomaisanbau korrespondiert deutlich mit der Rinderhaltung.



**Abbildung 1:** Aufteilung der Maisanbaufläche in den einzelnen Bundesländern nach Nutzungsrichtungen und Anteil der Gesamtmaisbaufläche an der Ackerfläche 2010, Quelle: Statistisches Bundesamt, 2011, vorläufige Werte

Auf Landkreisebene ergeben sich somit deutliche Unterschiede in den Anbaukonzentrationen des Maisanbaus, in der folgenden Karte auf Basis der Landwirtschaftlichen Nutzfläche (LF) dargestellt (Abbildung 2).



**Abbildung 2:** Regionale Anbaukonzentration von Mais als Anteil an der LF auf Landkreisebene, Quelle: Daten: BMELV 2010 und Statistische Landesämter 2007 (nur Hessen)

Es zeichnen sich regionale Unterschiede ab, die vor allem in Süddeutschland und in Nord-West-Deutschland Gebiete mit erhöhten Anbaukonzentrationen erkennen lassen, die jedoch den Gebieten mit hohen Tierbesatzzahlen entsprechen (siehe auch Kapitel 2.c). Im Dreieck zwischen Rheinland-Pfalz, Mecklenburg-Vorpommern und Nordbayern sind dagegen verhältnismäßig geringe Anbaukonzentrationen, bis zu 20 % zu finden, mit regional starker Differenzierung.

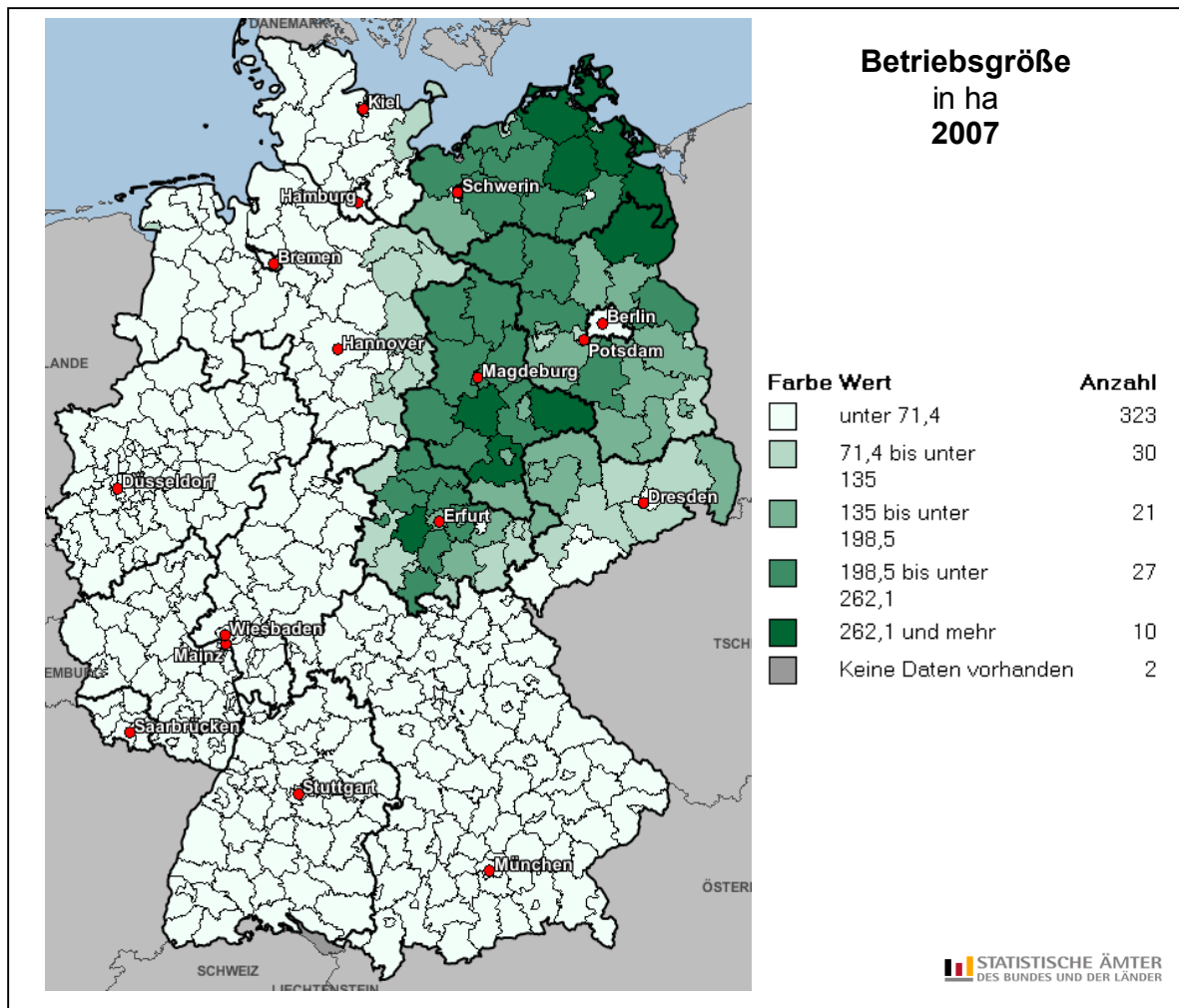
## 2. Statistische Grundlagen/Zeitreihen und regionale Verteilung

### a. Agrarstruktur und bodenklimatische Gegebenheiten

#### Agrarstruktur

Die Agrarstruktur ist im alten Bundesgebiet von eher vielen, kleineren Betrieben und im Osten Deutschlands von wenigen, großen Betrieben geprägt (Abbildung 3).

In 2010 findet sich eine Zunahme der Betriebe vor allem in der Größenklasse von 500 – 1000 ha, während in allen anderen Klassen die Betriebsanzahlen abnehmen (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2011).



**Abbildung 3:** Betriebsgröße in ha 2007, Quelle: Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2010

### Bodenklimatische Gegebenheiten

Ausschlaggebend für das Anbauspektrum in einer Region sind die bodenklimatischen Gegebenheiten, so werden beispielsweise Weizen und Zuckerrüben nicht in niederschlagsarmen Gebieten auf Sandböden angebaut sondern alternativ Roggen bzw. Triticale und Kartoffeln. Letztere Fruchtarten finden sich dementsprechend selten in Regionen mit guten Böden und ausreichend Niederschlag.

Mais ist zum einen die Fruchtart, die in Relation zu den zur Verfügung stehenden Produktionsfaktoren auf den meisten mitteleuropäischen Ackerstandorten die höchsten Biomasseleistungen erzielen kann. Sie ist zum anderen die Fruchtart mit den geringsten Kosten sowohl als Grundfut-

ter für Wiederkäuer pro Energieeinheit (€/MJNEL) als auch als Substrat für die Biogaserzeugung pro erzeugter Menge Methan (ct/m<sup>3</sup> Methan). Silomais hat also eine gute Kombination von Ertragsleistung und verdaulichen Inhaltsstoffen somit auch Methanertrag, was seine Vorzüglichkeit für die Biogasproduktion begründet (Tabelle 2).

**Tabelle 2:** Methanhektarerträge unterschiedlicher Fruchtarten und -kombinationen für die Produktion von Biogas, Quelle: EVA-Projekt, FNR

(Gerundete Erwartungswerte mit 10 % Siliverlusten bezogen auf den Methanertrag, Ackerfutter Hauptnutzungsjahr (HNJ): zusätzlich 10 % Bröckelverluste. Unterstellte Relationen der Gasausbeuten nach HERRMANN et. al, 2010; Referenz: Gasausbeute Mais: 321 m<sup>3</sup>/t oTM, HF = Hauptfruchtstellung, b. = bicolor, s. = sudanense, GPS = Ganzpflanzensilage)

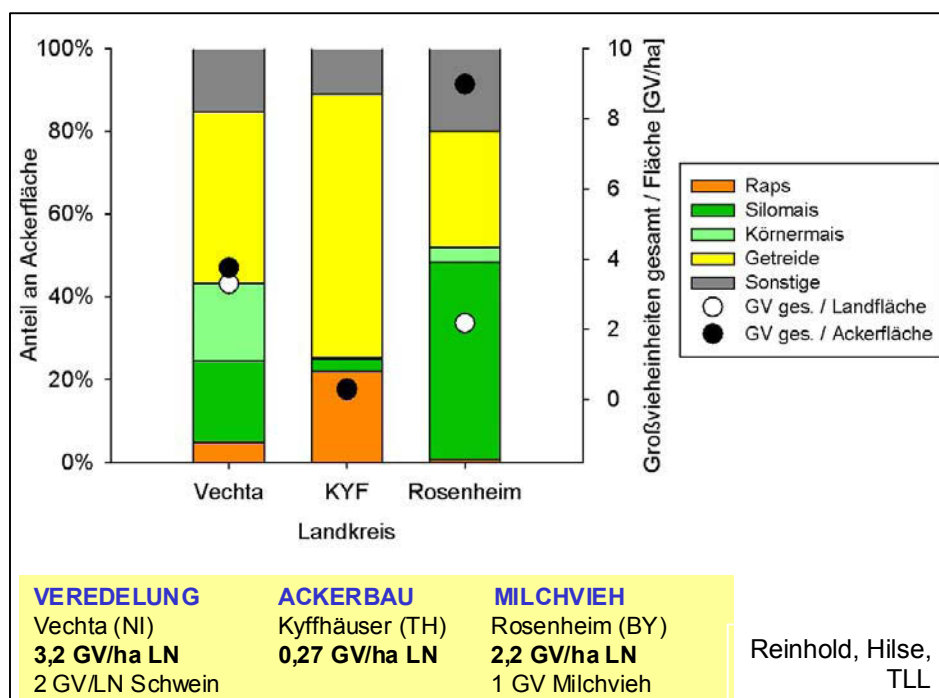
	MV	BB	BY	NI	TH	BW	SN	ST
Mais HF	3300	2800	5200	4700	4200	5300	3700	4700
Sorghum b. (Futterhirse) HF	2000	2000	3400	3000	3200	4100	2900	3400
Sorghum b * s (Futterhirse) HF	2000	2000	3200	2800	3100	3500	2500	3100
Wintertriticale (GPS)	3100	2100	3300	3600	4000	3600	2100	4100
Winterroggen (GPS)	2600	1800	2900	3200	3300	2900	1800	3200
Wintergerste (GPS)	2900	1700	2700	3000	3400	2700	2000	3400
Ackerfutter (HNJ)	1600	2200	3500	3600	2800	3000	2300	3200
Futterroggen + Mais	3600	3800	5600	5200	5100	2700	3900	4900
Futterroggen + Sorghum	3100	3200	5200	4000	4400	4800	3200	3600

Eine Ausweitung des Maisanbaus für energetische Zwecke beginnend 2004 mit der Novelle des EEG geht mit einer Veränderung der bestehenden landwirtschaftlichen Fruchtfolgen einher. Die Fruchtfolgegestaltung, explizit der Fruchtwechsel ist ein grundlegendes Element des Ackerbaus. Dabei handelt es sich um den zeitlich nacheinander stattfindenden Anbau von Fruchtarten auf einer Fläche. Neben der ökologischen Wirkung des Acker- und Pflanzenbaus sind die Fruchtfolge und auch das räumliche Nebeneinander der Fruchtarten in einer bestimmten Region zu beachten.

Beide Aspekte haben wesentlichen Einfluss auf die Biodiversität, die Wind- und Wassererosion und die Bewertung des Landschaftsbildes. Für den Landwirt stehen bei der Wahl der Fruchtarten mittel- und langfristig ökonomische Kriterien im Vordergrund. Bei weiten Fruchtfolgen ist eine bessere Ausschöpfung der Wasser- und Nährstoffvorräte sowie ein geringerer Unkraut- und Schaderregerdruck gegeben. Beide Faktoren können zu Einsparungen an Dünge- und Pflanzenschutzmitteln führen. Die in der Vergangenheit üblichen weiten Fruchtfolgen mit einem Blattfruchtanteil (Kartoffeln, Rüben) von 25 bis 33 % haben nur noch in wenigen Regionen Bedeutung. Dies ist auf die veränderten agrarpolitischen Rahmenbedingungen, vor allem der Öffnung der Weltmärkte und dem damit verbundenen Zwang zur Kosteneinsparung durch Spezialisierung auf wenige Fruchtarten zurückzuführen. In Veredelungsregionen konzentriert sich der Anbau auf Mais und Gerste, was bis zur Monokultur, z.B. bei Körner- und Silomais, führen kann. Energiepflanzen können einerseits diesen Trend verstärken, beispielsweise durch Anbau von Energiemais in Veredelungsregionen, andererseits kann über den Anbau von „neuen“, für die Region untypischen Fruchtarten ein Beitrag zur Auflockerung der Fruchtfolgen geleistet werden.

Festzuhalten bleibt, dass als Voraussetzung für den Maisanbau die bodenklimatischen Gegebenheiten sowie die Verwertbarkeit der Maissilage in der Tierhaltung ausschlaggebend sind, da Silage nur regional verwertet werden kann.

So ist z.B. in der reinen Ackerbauregion Kyffhäuser-Kreis (TH) ein verstärkter Rapsanbau als einzige Blattfrucht der Fruchtfolge bei einem deutlich gesteigerten Getreideanteil festzustellen. Mais kommt aufgrund des geringen Tierbesatzes kaum zum Anbau. Dagegen ist in Vechta (NI) als Veredelungsstandort der Körnermaisanteil deutlich erhöht und in Rosenheim (BY), aufgrund des hohen GV-Besatzes durch die Milchviehhaltung eine Dominanz des Silomaisanbaus festzustellen. Anschaulich dargestellt werden kann dies an der nachfolgenden Abbildung 4, in der jeweils die typische Fruchtfolge dieser speziellen Anbauregion dargestellt ist.



**Abbildung 4:** Agrarstrukturbedingte Fruchtfolgen verschiedener Anbauregionen in Deutschland

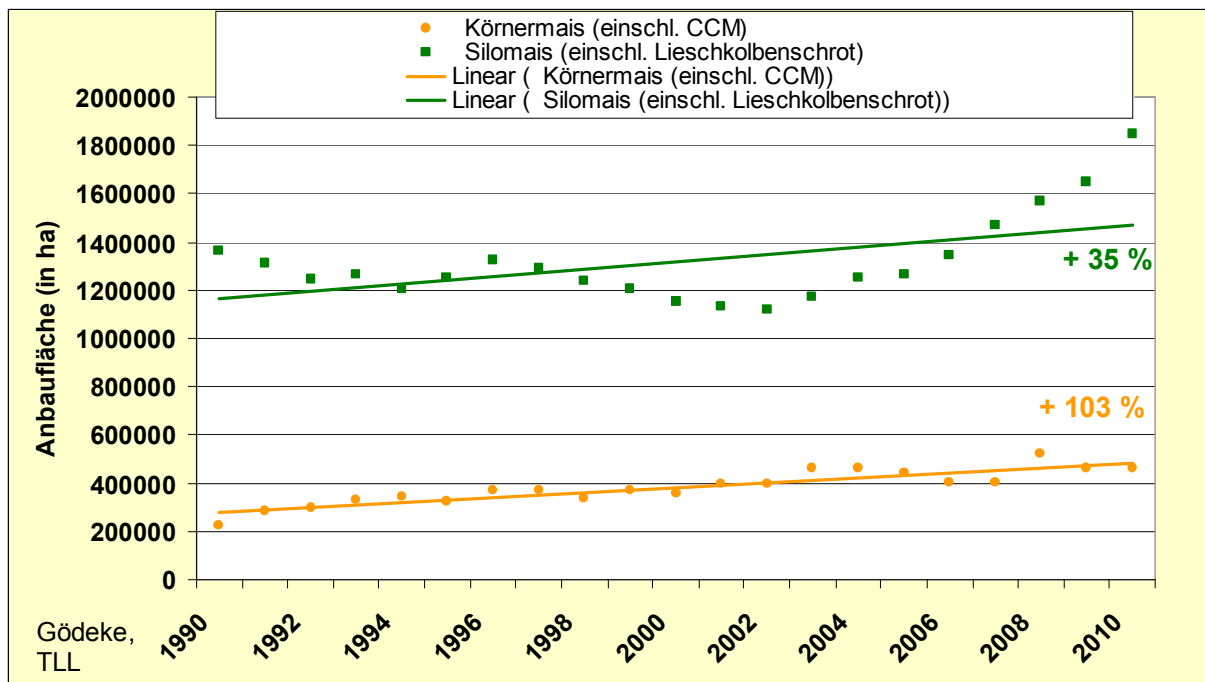
## b. Maisanbauflächen

Werden die Jahre 1990 bis 2007 betrachtet, bleibt die Flächenentwicklung anhand einer durch die Daten gelegten Trendlinie konstant, da der Anstieg der Anbaufläche ab 2003 den sinkenden Flächenanteil bis 2002 ausgleicht. Ab 2003 ist jedoch ein stetiger Anstieg der Silomaisflächen zu beobachten (Abbildung 5). Allerdings kann die Biogaserzeugung frühestens nach der EEG Novelle im Jahr 2004, also ab Anbau 2005 auf den Maisanbau eine Wirkung gehabt haben.

Zu beachten ist zudem, dass sich von 1990 bis 2010 die Anbaufläche von Körnermais um 103 % steigerte. Der Silomaisanbau schwankte stärker und erhöhte sich insgesamt nur um 35 %. Der Körnermaisbau verstärkt somit den „Maisanbauflächen-Ausdehnungseffekt“, denn in Relation zur Gesamtmaisbaufläche, hat sich der Körnermaisbau von ca. 14 % am Ge-

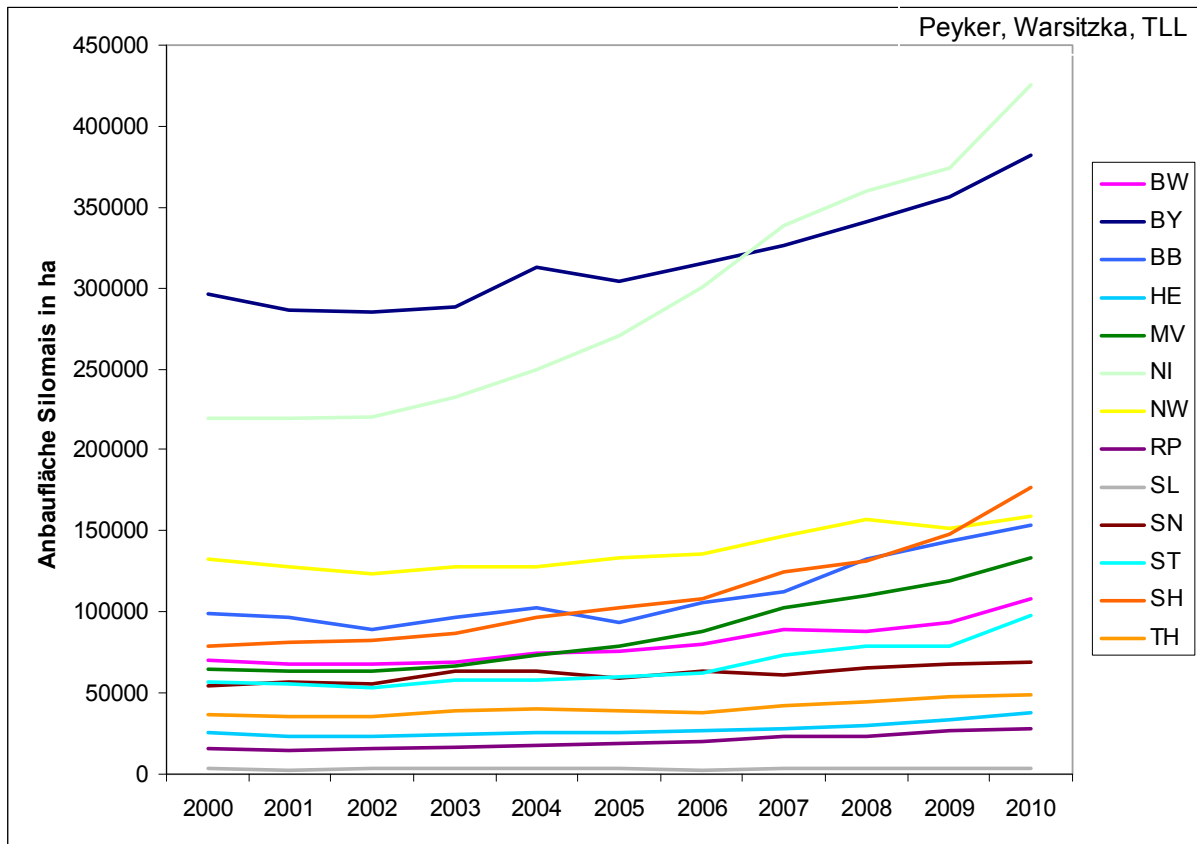
samtanbau 1990, im betrachteten Zeitraum auf aktuell 20 % des Gesamtmaisbaus erhöht, also eine deutliche Anteilssteigerung des Körnermais trotz steigender Silomaisfläche.

Dies u.a. bedingt durch den züchterischen Fortschritt, der eine Anpassung des Mais an niedrigere Temperaturen und eine kürzere Vegetationszeit erreicht hat. So kann Mais heute in Regionen angebaut werden (z.B. Norddeutschland, Mittelgebirge), in denen vor Jahrzehnten kein wirtschaftlicher Maisanbau möglich war.



**Abbildung 5:** Entwicklung der Maisanbauflächen in Deutschland von 1990 bis 2010 mit Trendlinie, Quelle: Statistisches Bundesamt, 2010

Diese Entwicklungen sind jedoch auch in den einzelnen Bundesländern unterschiedlich (Abbildung 6). Grundsätzlich ist in allen Bundesländern ein Anstieg der Anbauflächen für Silomais zu verzeichnen. Überproportionale Steigerungen finden sich in Niedersachsen und Bayern, etwas moderater auch in Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern sowie Schleswig Holstein.

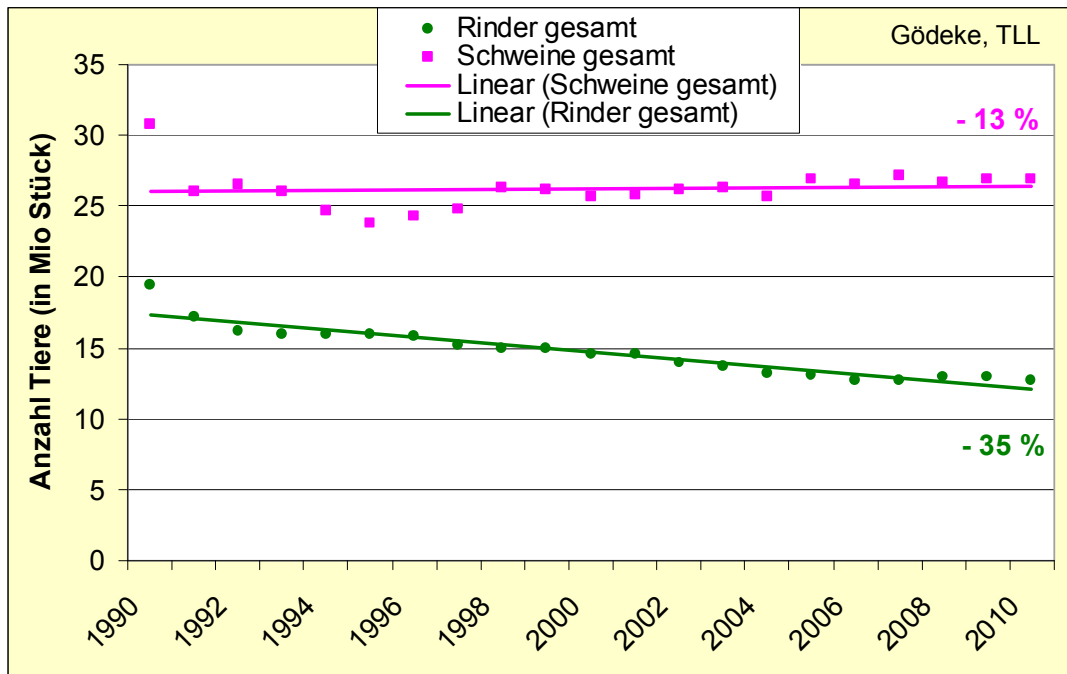


**Abbildung 6:** Entwicklung der Silomaisanbaufläche in Deutschland in den einzelnen Bundesländern von 2000 bis 2010, Quelle: Statistisches Bundesamt, 2010 vorläufige Werte \* Anmerkung: Mit der Novellierung des Agrarstatistikgesetzes, in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Dezember 2009, wurden die Erfassungsgrenzen für die landwirtschaftlichen Betriebe im Jahre 2010 angehoben, so dass die Vergleichbarkeit der Daten gegenüber den Vorjahren eingeschränkt ist.

### c. Viehbestände

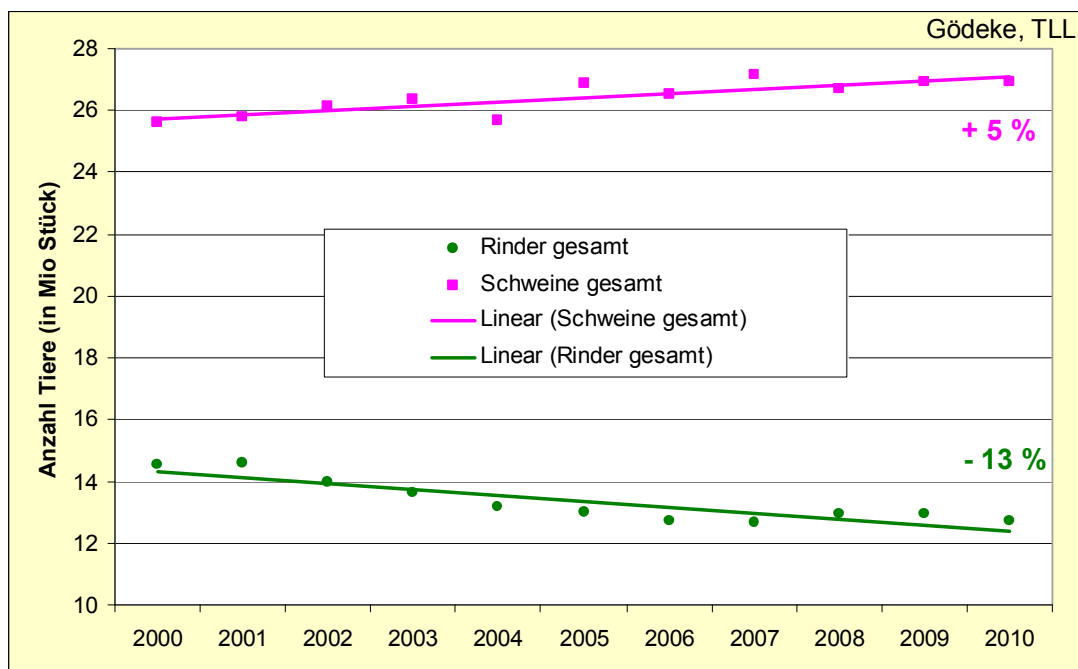
Die Viehbestände unterlagen in den letzten Jahren einem steten Wandel. Während die Rinderbestände im Zeitraum von 1990 bis 2010 um 35 % gesunken sind, verringerten sich die Schweinebestände lediglich um 13 %, bei einer etwa tendenziell gleichbleibenden Gesamtzahl (Abbildung 7).





**Abbildung 7:** Entwicklung der Rinder- und Schweinebestände in Deutschland von 1990 bis 2010, Quelle: Statistisches Bundesamt, 2011

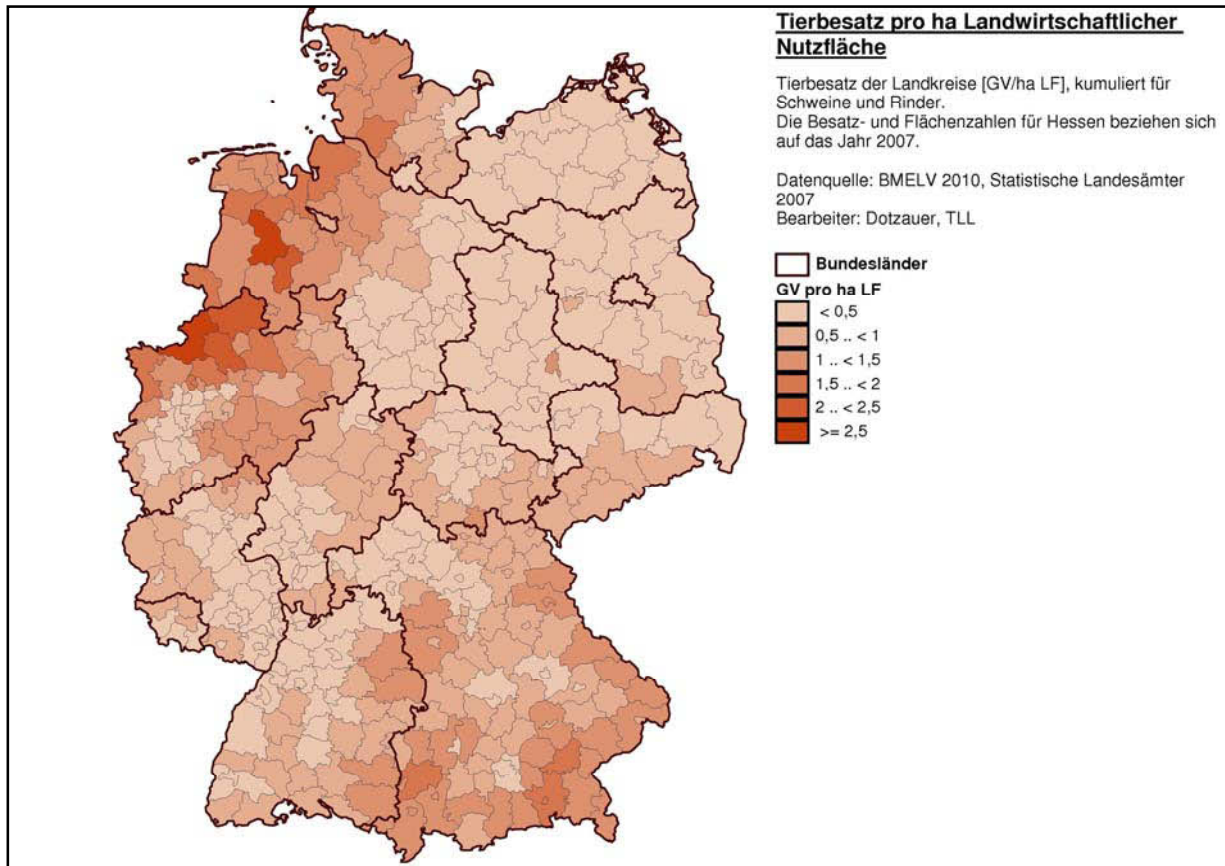
Verkürzt man nun den Betrachtungszeitraum von 2000 bis 2010 (Abbildung 8), so kann tatsächlich eine Zunahme der Anzahl Schweine in den letzten 10 Jahren um 5 % festgestellt werden, während die Anzahl Rinder in dem genannten Zeitraum um 13 % sank.



**Abbildung 8:** Entwicklung der Rinder- und Schweinebestände in Deutschland von 2000 bis 2010, Quelle: Statistisches Bundesamt, 2011



Jedoch ist auch hier wieder die regionale Verteilung ausschlaggebend. Abbildung 9 verdeutlicht die Konzentration der Großvieheinheiten (GV, hier Schweine und Rinder zusammen) in bestimmten Regionen auf Basis der Landwirtschaftlichen Nutzfläche (LF). Der deutschlandweite Mittelwert von 0,77 GV/ ha LF wird im Wesentlichen nur in veredelungsstarken Regionen im Norden von Nordrhein-Westfalen, im Osten von Niedersachsen und in Teilen Bayerns überschritten.



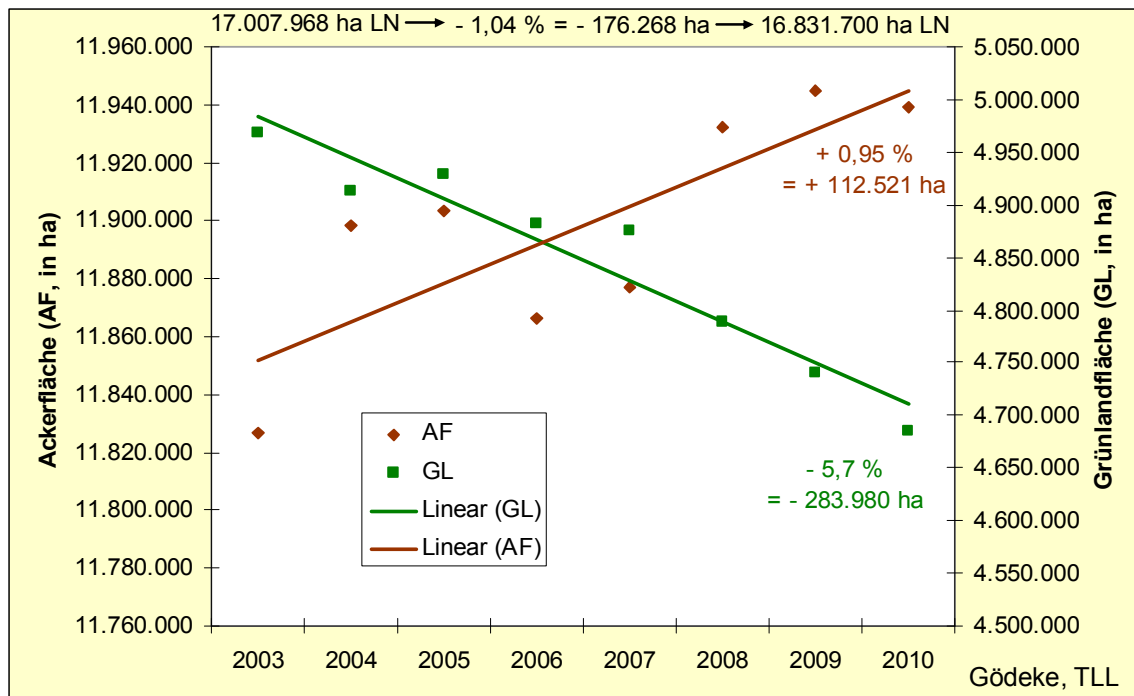
**Abbildung 9:** Regionaler Tierbesatz als Anteil Großvieheinheiten (GV) an der Landwirtschaftlichen Nutzfläche (LF) auf Landkreisebene, Quelle: BMELV 2010 und Statistische Landesämter 2007 (nur Hessen)

#### d. Dauergrünland

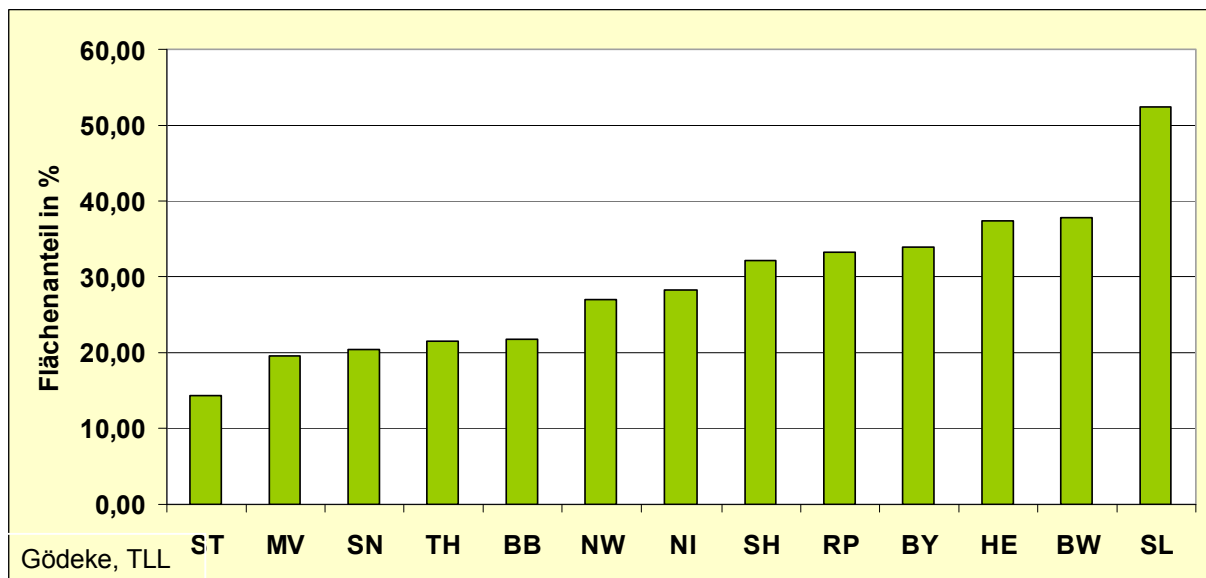
##### Allgemeine Entwicklung

Im Zusammenhang mit der Entwicklung der Agrarpreise und der Verknappung der Fläche, aber auch durch die Verlagerung und Konzentration der Tierhaltung wird ein zunehmender Verlust an Dauergrünland festgestellt. Vor allem der zunehmende Maisanbau und der zunehmende Energiepflanzenanbau wirken in den Veredelungsregionen zusätzlich auf die Flächenverknappung, so dass ein Trend zum Grünlandumbruch besonders in diesen Regionen festzustellen ist. Der Dauergrünlandanteil an der landwirtschaftlichen Nutzfläche liegt derzeit in Deutschland bei 28 % d.h. einer Gesamtfläche von 4,7 Mio. ha, wobei er sich im Vergleich zu 2003 im Durchschnitt um

5,7 % verringert hat (Abbildung 10). Die Ursachen für die Abnahme von Grünland sind jedoch nicht nur im Umbruch durch die Landwirtschaft zu suchen, da die Ackerfläche nicht in dem Maße steigt (+ 112.521 ha), wie die Grünlandflächen abnehmen (- 283.980 ha). Ein Grund für die Verringerung der Grünlandfläche ist auch der Rückgang der landwirtschaftlichen Nutzfläche insgesamt, von etwa 176.000 ha in dem Zeitraum 2003 bis 2010.

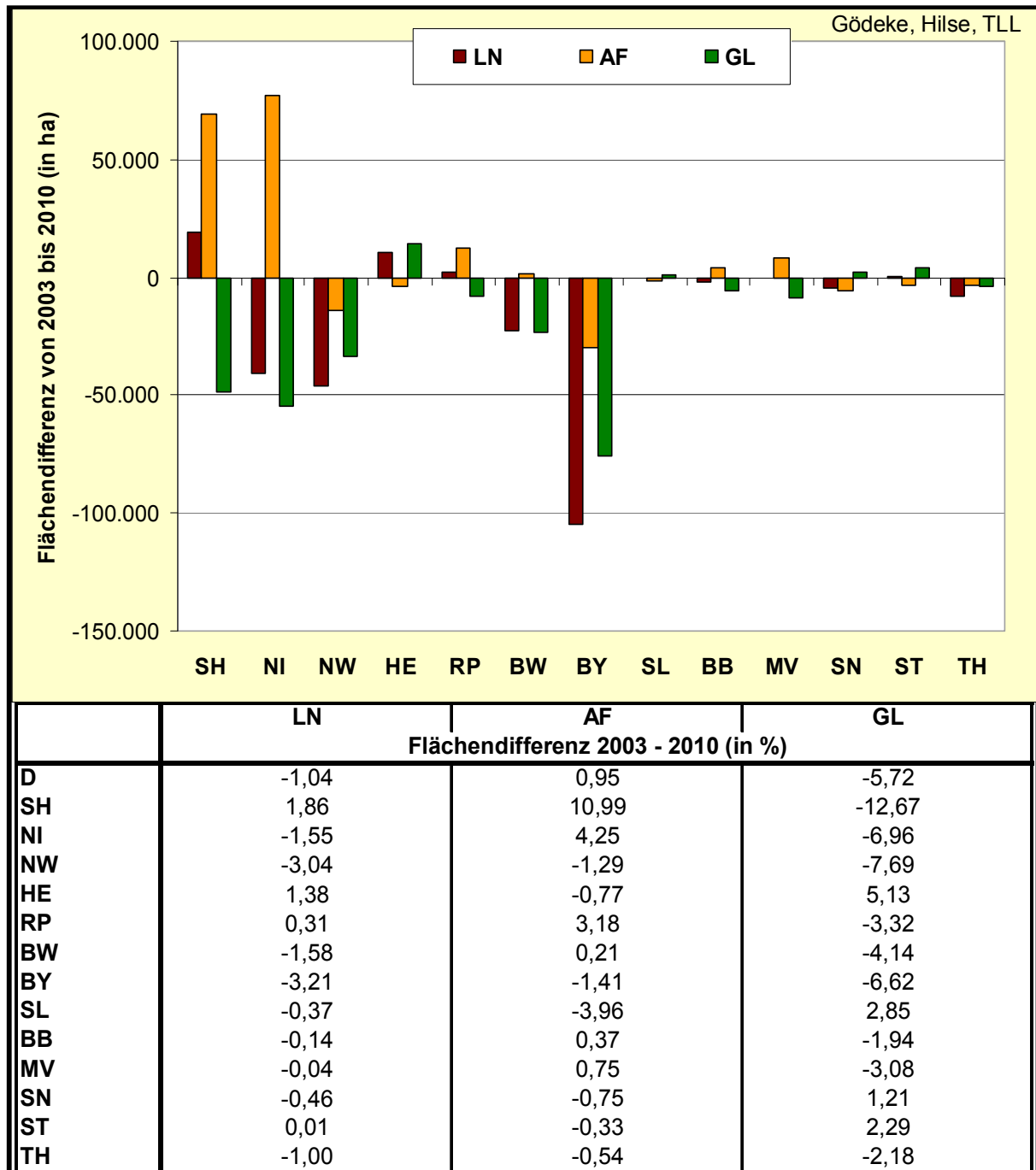


**Abbildung 10:** Flächenentwicklung von Acker und Grünland in Deutschland von 2003 bis 2010, Quelle: Statistisches Bundesamt, 2011



**Abbildung 11:** Anteil der Grünlandflächen an der LF der einzelnen Bundesländer 2010, Quelle: Statistisches Bundesamt, 2011

Der Grünlandanteil in den einzelnen Bundesländern ist struktur-, landschafts- und bodenklimatisch bedingt, sehr unterschiedlich. In 2010 reichten die Grünlandflächenanteile an der Landwirtschaftlichen Nutzfläche (LF) von 14 bis 52 % (Abbildung 11), wobei denen eine auch sehr unterschiedliche Entwicklung vorausging (Abbildung 12).



**Abbildung 12:** Veränderungen von Landwirtschaftlicher Nutzfläche (LN), Ackerfläche (AF) und Dauergrünland (GL) nach Bundesländern, Quelle: Statistisches Bundesamt, 2010 und Landwirtschaftskammer Niedersachsen (für NI 2010)

Jedoch sind die hier dargestellten Zahlen kritisch zu hinterfragen, denn 2010 wurden die betrieblichen Erfassungsgrenzen des Statistischen Bundesamtes für die Bodennutzungshaupterhebung von 2 ha auf 5 ha heraufgesetzt. Die Daten von 2010 sind also nicht uneingeschränkt mit den Vorjahren vergleichbar. Dies ist dahingehend schwierig, da gerade das Grünland eher auf den kleineren Flächen zu finden ist, d.h. es kann nicht genau festgelegt werden, ob es sich um einen tatsächlichen Verlust oder um eine Nichterhebung der Fläche gehandelt hat. Diese Umstellung wird besonders an den Zahlen von Bayern in Abbildung 12 deutlich, da gerade hier sehr viele kleinstrukturierte Betriebe mit kleinen Flächen anscheinend ganz aus der Erhebung herausfallen, anders lässt sich der Verlust von über 100.000 ha LN in dem Zeitraum nicht erklären.

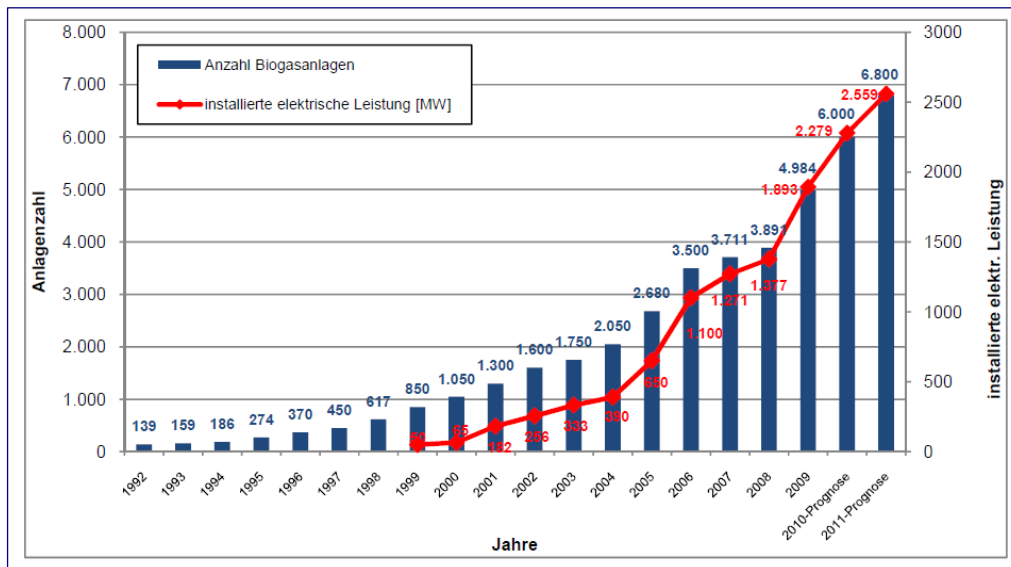
Ähnliches gilt für die in den Medien sehr präsenten Darstellungen der Flächenveränderungen auf Basis der InVeKos-Daten, da ab 2010 die Mindestfläche für den Bezug von Direktzahlungen (§2 InVeKoSV, Stand 15.04.2011) von 0,3 auf 1 ha heraufgesetzt wurde. Es ist also davon auszugehen, dass in der Erfassung schon einige Flächen weggefallen sind, ohne dass sie real verschwunden sind.

Nichtsdestotrotz ist über die Jahre ein abnehmender Trend der Grünlandflächen erkennbar. In der Cross-Compliance-Regelung verpflichten sich die Länder einen Grünlandflächenverlust von 5 % zum Referenzjahr 2003 nicht zu überschreiten. Ab 5 % gibt es eine Genehmigungspflicht zum Umbruch, ab 8 % kann, ab 10 % Grünlandflächenverlust muss Grünland wieder eingesät oder an anderer Stelle neu geschaffen werden. Aufgrund der Überschreitung der 5 % Grenze auf Basis der InVeKos-Daten, ist in den Bundesländern Rheinland-Pfalz, Mecklenburg-Vorpommern, Schleswig-Holstein, Hamburg und Ende 2009 auch in Niedersachsen und Bremen nach der Cross-Compliance-Regelung ein Umbruchverbot in Kraft getreten. Auch für Nordrhein-Westfalen gilt seit Ende 2010 ein Umbruchverbot. Besonders in Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Thüringen ist im letzten Jahr ein hoher Verlust zu verzeichnen. In den Bundesländern, in denen schon länger ein Umbruchverbot besteht, scheint es zu einer Stagnation bzw. sogar zu einer Zunahme an Dauergrünland gekommen zu sein. Jedoch konnte auch hier nicht abschließend festgestellt werden, ob die Fläche tatsächlich zugenommen hat oder es sich lediglich um eine statistische Steigerung handelt.

## **e. Biogasanlagen**

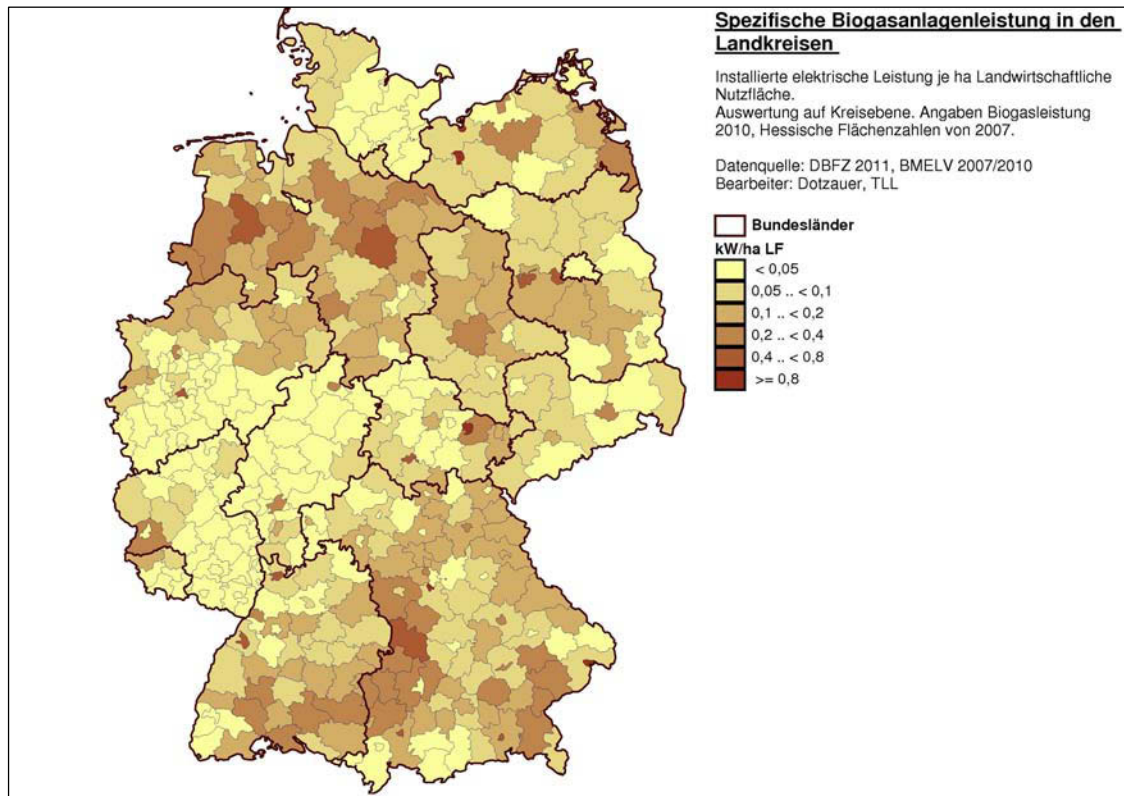
### **i. Anlagenleistung und deren Verteilung**

Die Entwicklung der Anzahl Biogasanlagen (BGA) in Deutschland seit 1992 zeigt die folgende Abbildung 13. Deutlich wird hier die stetige Zunahme auf derzeit 6.800 Biogasanlagen mit einer Leistung von insgesamt 2.559 MW nach der Prognose des Fachverbandes Biogas für Ende 2011.



**Abbildung 13:** Entwicklung der Anzahl Biogasanlagen und der gesamten installierten elektrischen Leistung (in MW) von 1992 bis 2011 (Prognose), Quelle: Fachverband Biogas (FvB)

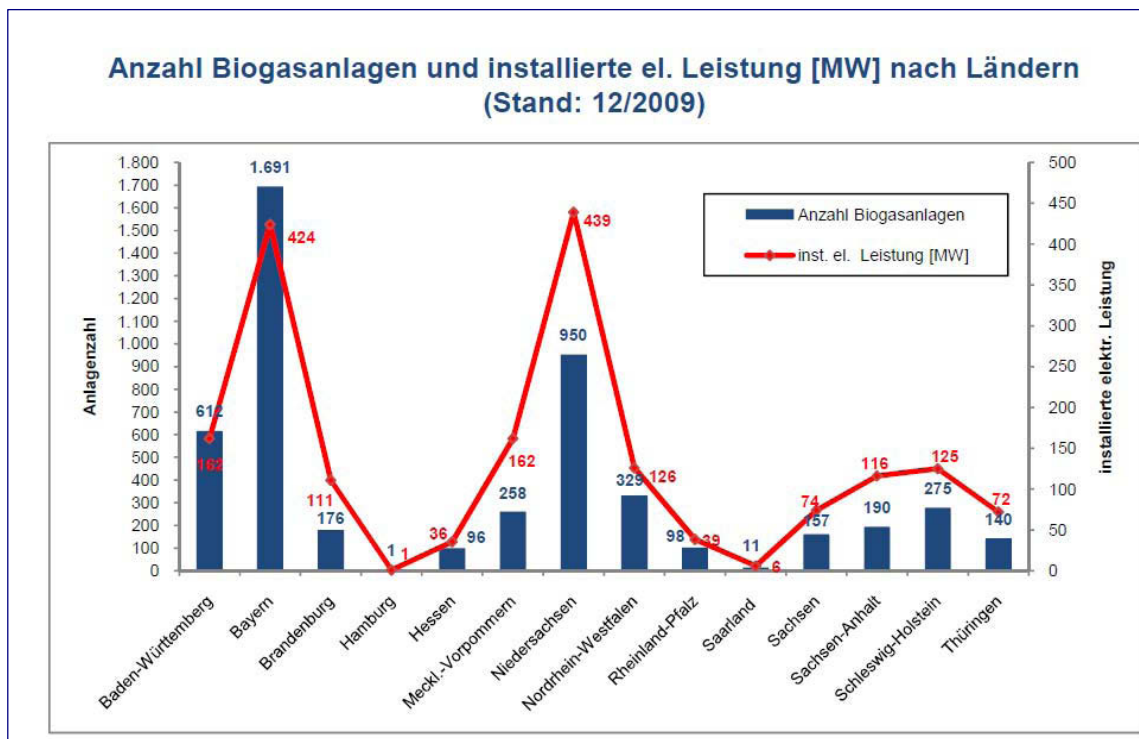
Die installierte elektrische Leistung der Biogasanlagen im Verhältnis zur in den Landkreisen vorhandenen LF, zeigt deutlich unterschiedliche Ausbautensitäten (Abbildung 14).



**Abbildung 14:** Spezifische Biogasanlagenleistung als Anteil (in %) an der Landwirtschaftlichen Nutzfläche (LF) auf Landkreisebene, Quelle: BMELV 2010 und Statistische Landesämter 2007 (nur Hessen)

Traditionell wurden die ersten Biogasanlagen (BGA), beginnend mit dem Jahr 2000, an den Tierhaltungsanlagen errichtet. Ein hoher BGA-Besatz zeigt sich in räumlicher Nähe zu Zentren mit hohem Tierbesatz, somit besonders im Süden und im Nordosten Deutschlands. Auch sind punktuelle Spitzenwerte des BGA Besatzes, die durch große Einzelanlagen in kleinen Landkreisen verursacht werden, zu erkennen (z.B. Güstrow, Penkun). Der bundesdeutsche Mittelwert des BGA-Besatzes liegt bei 0,13 kW/ha LF, vor allem in Süd-West-Bayern und Niedersachsen werden in einigen Landkreisen höhere Leistungen pro ha LF erreicht.

Betrachtet man die Anlagenausstattung der einzelnen Bundesländer (Abbildung 15), so fallen sofort die offensichtlich vielen kleinen Anlagen in Bayern sowie die zahlenmäßig weniger aber größeren Anlagen, bzgl. der elektrischen Leistung, in Niedersachsen auf.



**Abbildung 15:** Anzahl Biogasanlagen und installierte elektrische Leistung (in MW) nach Bundesländern 2009, Quelle: Fachverband Biogas

## ii. Substrateinsatz in den Biogasanlagen

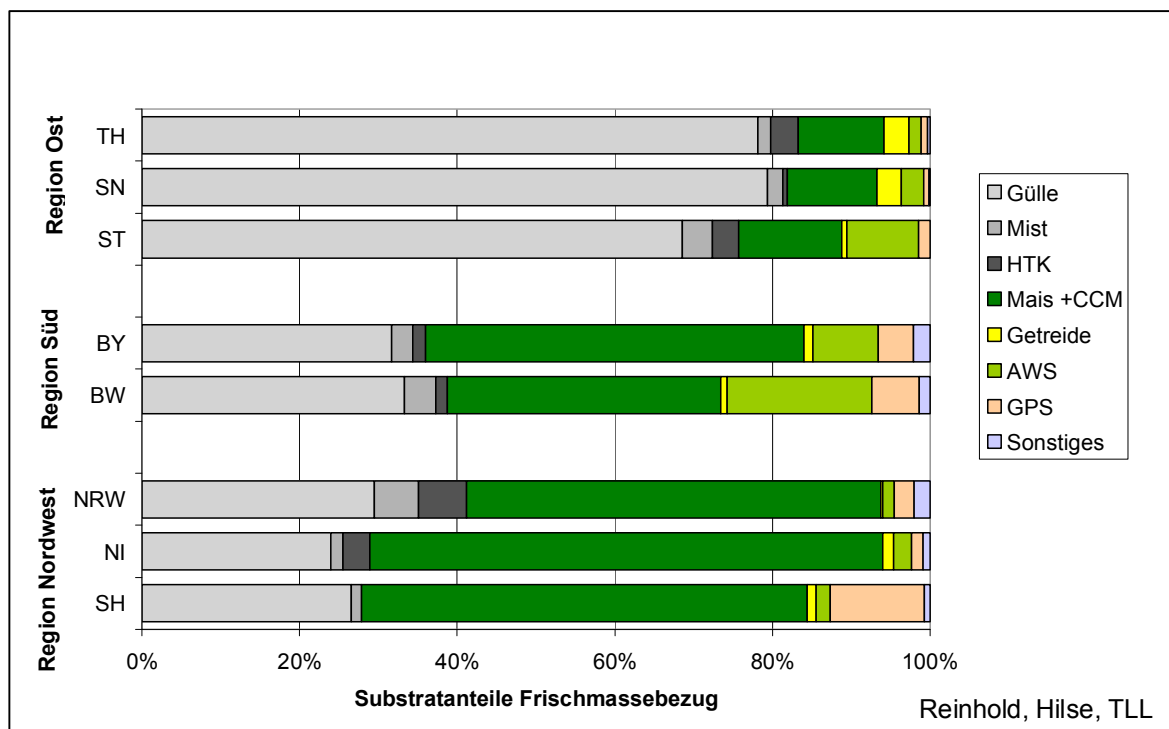
Die Agrarstruktur in den einzelnen Bundesländern wirkt deutlich auf die Größe der Biogasanlagen und auch auf die zum Einsatz kommenden Substrate zurück. Als Indikatoren hierfür stehen die mittlere installierte Leistung, der Maisanteil am Substrat und auch die Verweilzeit, die infolge von hohen Gülleanteilen oft geringer ist (Tabelle 3 und Abbildung 16).

So werden im Nordwesten bei mittleren Anlagengrößen von 500 bis 600 kW trotz hohem Tierbesatz nur 20 bis 30 % Wirtschaftsdünger eingesetzt. Der Maisanteil ist in dieser Region mit deutlich über 60 % an der Gesamtsubstratmenge am höchsten. Im Süden sind die Anlagen mit

ca. 250 – 292 kW deutlich kleiner. Hier werden neben Maissilage (40 %) auch verstärkt Anweilsilage (AWS), Ganzpflanzensilage (GPS) und sonstige Substrate wie Hirse, Sonnenblumen etc. eingesetzt. Der Gülleanteil ist trotz kleinerer Betriebe und somit schlechterer Voraussetzungen deutlich höher als im Nordwesten.

**Tabelle 3:** Übersicht über Verweilzeit, Substrateinsatz und installierte Leistung in unterschiedlichen Biogasregionen (Betreiberbefragung 2010, n = Anzahl Anlagen, kW = Kilowatt, d = Tage, FM = Frischmasse, WD = Wirtschaftsdünger)

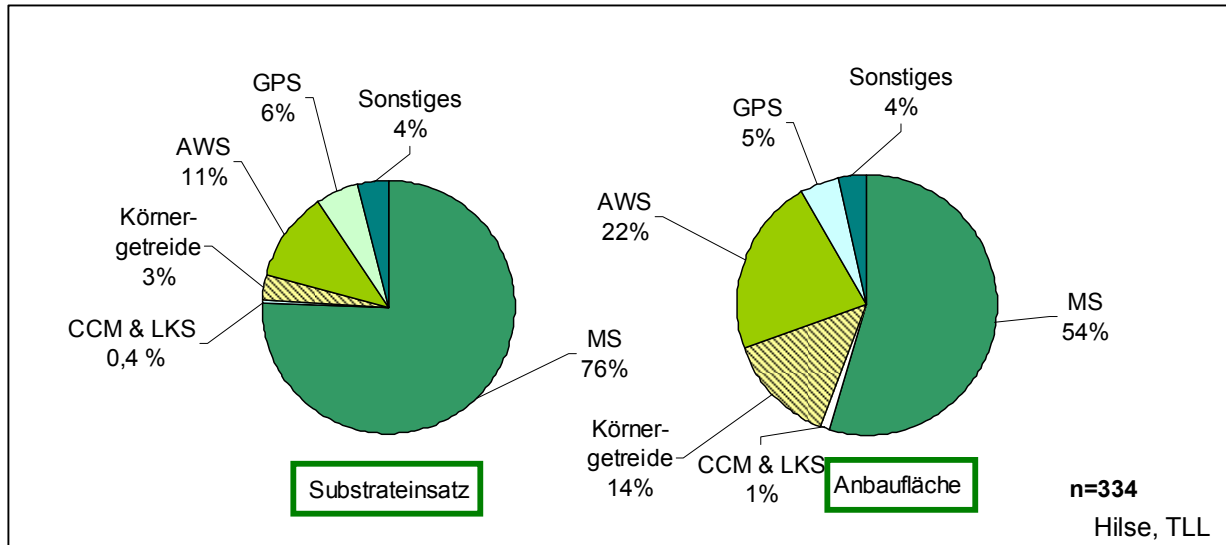
Region	Bundesland		Inst. Leistung	Verweilzeit	Substrateinsatz ( % der FM)		
		n	kW	d	WD	Mais	sonstiges
Süd	BW	34	250	89	29%	38%	71%
	BY	120	278	93	28%	52%	71%
	RP	15	292	67	44%	40%	56%
Nordwest	NW	28	338	92	35%	56%	65%
	SH	15	540	86	23%	60%	77%
	NI	55	641	91	22%	70%	77%
Ost	ST	6	512	55	73%	15%	27%
	SN	21	693	47	79%	11%	21%
	TH	12	799	58	81%	11%	19%



**Abbildung 16:** Mittlerer Substrateinsatz in den verschiedenen Biogasregionen, Quelle: Monitoring BMELV, 2011



Im Osten erfolgt ausgehend von der Agrarstruktur und bedingt durch die größeren Tierhaltungsanlagen als Kernstandorte der BGA, ungeachtet des geringen Tierbesatzes, ein hoher Wirtschaftsdüngereinsatz (> 70 %). Dementsprechend ist der Maiseinsatz mit 10 - 15 % deutlich geringer. Diese standortangepassten BGA nehmen deutlich weniger Ackerfläche in Anspruch (Abbildung 17). Aufgrund des geringen Trockensubstanz(TS)-Gehaltes von Gülle ist die Verkürzung der Verweilzeit, in Verbindung mit einer gesteigerten Faulraumbelastung, eine verfahrenstechnische Konsequenz des Gülleeinsatzes, um das Fermentervolumen und die somit erhöhten Investitionen zu begrenzen.



**Abbildung 17:** Massebezogener Substrateinsatz und dafür verwendete Anbaufläche, Quelle: DBFZ Betreiberbefragung 2010

Zu betonen ist hier nochmals der spezifische Flächenverbrauch (Abbildung 17) verschiedener Einsatzsubstrate in der Biogasanlage. Während 76 % der Biogasanlagenfütterung mit Mais realisiert wird, der auf 54 % der betrieblichen Ackerfläche angebaut wird, benötigt ein Einsatzanteil Anweilksilage von 11 % in der Biogasanlage stattliche 22 % der Fläche.

### iii. Stand und Entwicklung von Biomethaneinspeiseanlagen

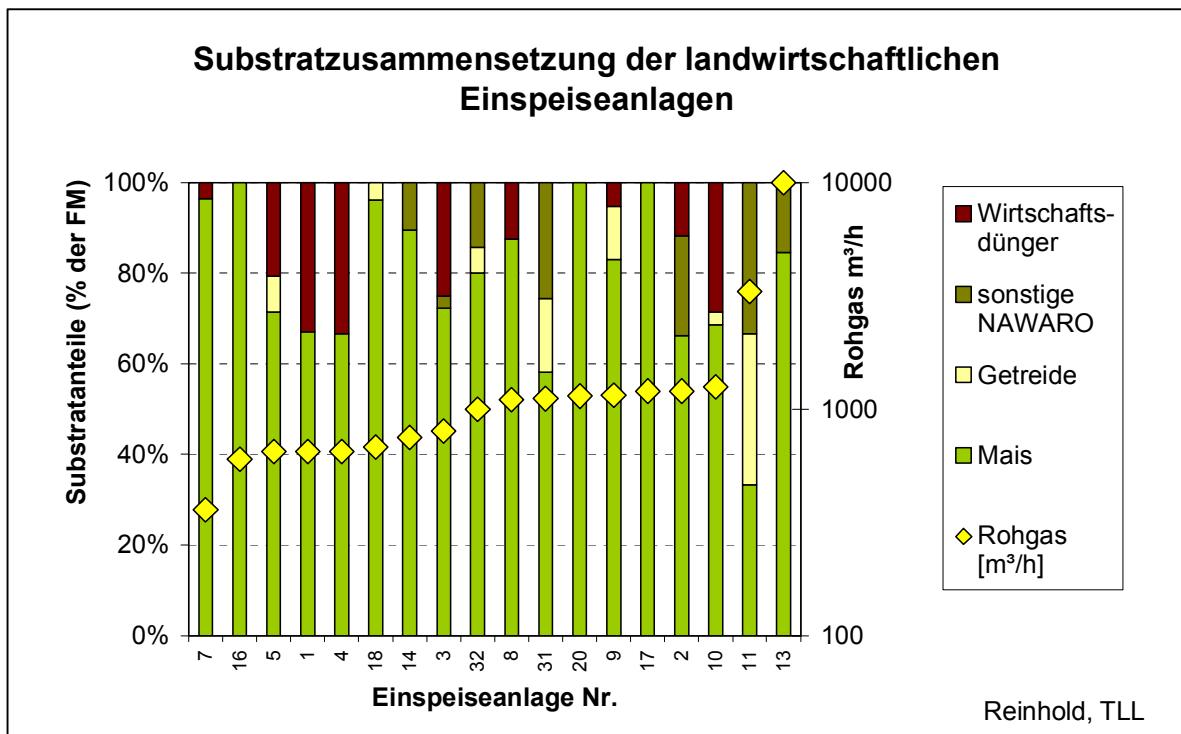
Die Erzeugung und Einspeisung von Biomethan in das Erdgasnetz gewinnt in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung. Damit kann die Nutzung des Biogases vom Ort der Entstehung entkoppelt und flexibler eingesetzt werden. Besondere Bedeutung gewinnt die Biomethanverwertung über das Erdgasnetz dann, wenn KWK Anlagen einen hohen Gesamtwirkungsgrad erreichen und das Netz den Ausgleich zwischen kontinuierlicher Produktion und schwankendem (Wärme-)Bedarf sichert. Auf diese Weise können im Vergleich zur sonst üblichen Vor-Ort-Verstromung höhere Gesamtnutzungsgrade erzielt werden.

Biomethaneinspeiseanlagen werden vorrangig als größere Anlagen errichtet. Zum Stand 31.12.2010 sind in Deutschland 48 Biogasaufbereitungs- und -einspeiseanlagen mit einer instal-



lierten Gasleistung von knapp 340 MW in Betrieb (Datenquelle DBFZ 2011). Die jährliche Biomethaneinspeisekapazität dieser Anlagen liegt bei 280 Millionen Nm<sup>3</sup>, was etwa 0,4 % des deutschen Erdgasverbrauchs des Jahres 2009 entspricht. Gegenwärtig befinden sich weitere 86 Anlagen, für die eine Inbetriebnahme in den Jahren 2011 und 2012 geplant ist, im Bau und in der Planung.

Die Mehrheit der Aufbereitungsanlagen basiert auf der Fermentation des nachwachsenden Rohstoffes Maissilage, der durch Getreide, Ganzpflanzensilagen, Gras und Gülle ergänzt wird (Abbildung 18).



**Abbildung 18:** Substratzusammensetzung landwirtschaftlicher Einspeiseanlagen, Quelle: DBFZ, 2011

Größere Biomethaneinspeiseanlagen beeinflussen die Agrarstruktur deutlich. Bedingt durch die erhöhten Transportaufwendungen für das Substrat, ist zu erwarten, dass deutlich Thünensche Ringe mit vermehrtem Maisanbau um die Anlagen entstehen.

#### f. Ethanolanlagen auf Maisbasis (mit nennenswerten Maisanteilen)

In Deutschland spielt die Herstellung von Ethanol auf Maisbasis nur eine untergeordnete Rolle. Anders dagegen sieht es in den USA aus, wo die Produktion von Bioethanol fast ausschließlich auf der Basis von Körnermais erfolgt.

Derzeit besteht eine Produktionskapazität für die Herstellung von Bioethanol von ca. 1.008.000 m<sup>3</sup>/a. Davon sind 285.000 m<sup>3</sup> Produktionskapazität für den Einsatz von Zuckerrüben

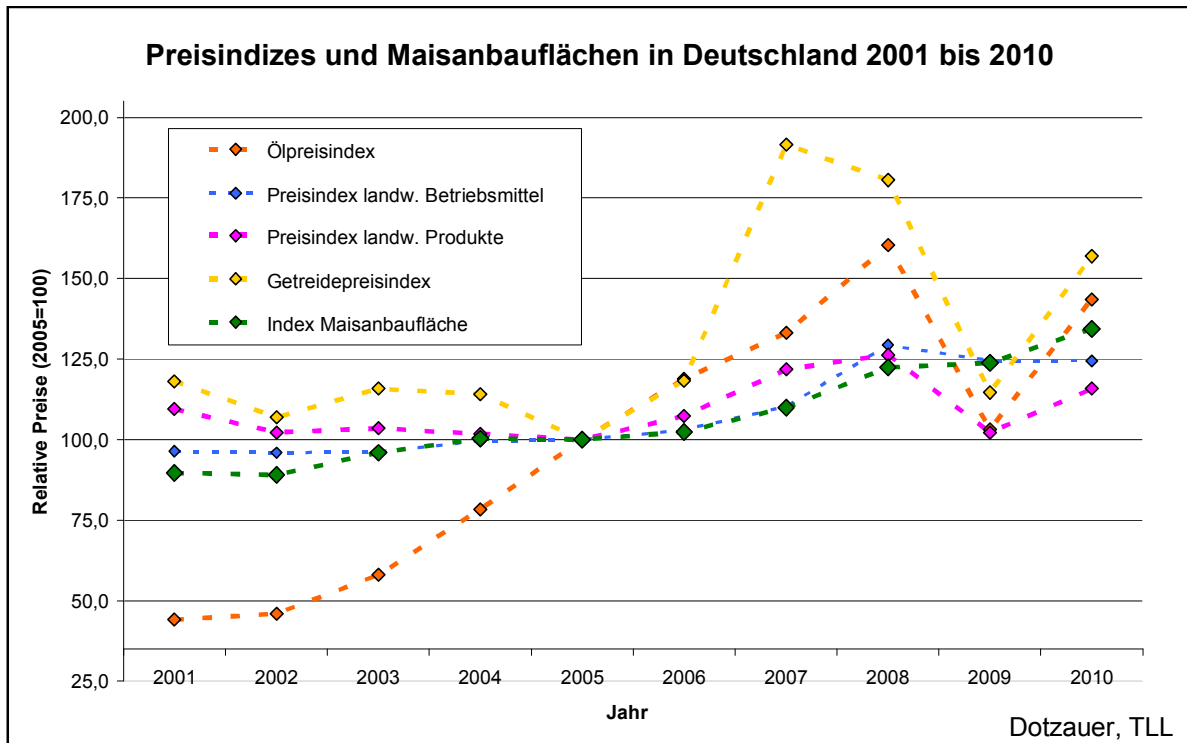
ausgelegt. Die drei größten Werke, die angeben auch Körnermais als Rohstoff einzusetzen, befinden sich in Zeitz (Crop Energies AG), in Schwedt (VERBIO Ethanol Schwedt GmbH & Co. KG) und in Zörbig (VERBIO Ethanol Zörbig GmbH & Co. KG). Die Betreiber dieser Anlagen wurden zum Maiseinsatz schriftlich befragt, die Antworten stehen noch aus. Es ist aber davon auszugehen, dass der Anteil von Körnermais am Gesamteinsatz nur marginal ist.

### **3. Komplexe Betrachtung verschiedener Einflussfaktoren auf den Maisanbau, international, national und regional**

#### **a. Ölpreisentwicklung und Getreidepreisentwicklung**

Ob ein kausaler Zusammenhang zwischen den Energie- und Agrarmarktpreisen zum Umfang des Maisanbaus besteht, ist sehr unwahrscheinlich. Der Maisanbau wird wie oben beschrieben stärker durch die Nachfrage von landwirtschaftlichen Veredelungsprozessen angetrieben, die Mais als Rohstoff nutzen. Zwar ließen sich grundsätzlich auch andere stärkehaltige Pflanzen nutzen, der Mais bildet aber auf Grund seiner relativen Vorzüglichkeit meist die ökonomisch günstigste Option einen hohen Ertrag mit vergleichsweise moderatem Aufwand zu generieren. Anhand der einzelnen Preisindizes sowie dem relativen Anbauumfang für Mais in Deutschland von 2001 bis 2010, lassen sich nur sehr begrenzt gegenseitige Beeinflussungen erkennen (Abbildung 19). Zu beachten ist hierbei aber auch der lange Produktionszyklus der Landwirtschaft von mindestens zwei Jahren im Vergleich zum Energiebereich, wo selbst Tagesereignisse wirken können.

Der Ölpreis verläuft bis 2008 nahezu linear steigend, um nach dem zwischenzeitlichen Abschwung 2009 wieder deutlich anzusteigen. Die Preise „Landwirtschaftliche Produkte“ und Betriebsmittel steigen im gleichen Zeitraum nur moderat an, wobei auch hier ab 2007 eine stärkere Volatilität zu beobachten ist. Der Getreidepreis zeigt grundsätzlich einen ähnlichen Preisverlauf, weist aber deutlich größere Ausschläge nach oben und unten auf. Der scheinbare Zusammenhang zum Ölpreis von 2007 bis 2010, ergibt sich aus den verstärkten Aktivitäten von spekulativen Geschäften mit Getreide auf den globalen Märkten, die dazu führen, dass Produktpreise für solche Güter auch die allgemeine Stimmung an den Börsen widerspiegeln (LINKER, 2011).



**Abbildung 19:** Preisindizes für landwirtschaftliche Betriebsmittel und Produkte sowie die Maisanbaufläche in Deutschland; Quelle: Statistisches Bundesamt, 2011; in Beziehung zum Getreidepreis- und Ölpreisindex von 2001 bis 2010, Quelle: New Yorker Börse, WTI 2011

Da Mais vorwiegend regional als siliertes Grüngetreide Verwendung findet und die Nutzung als Körnermais eine flächenmäßig untergeordnete Rolle spielt, wirken sich globale Veränderungen an den Agrarmärkten nur geringfügig auf diese Kultur aus. Zwar ist davon auszugehen, dass bei insgesamt steigendem Erzeugerpreisniveau auch die regionalen Preise für Maisprodukte eine Anpassung erfahren werden, eine sprunghafte Dynamik wie bei anderen Produkten ist aber nicht zu erwarten. Der in der Grafik stetig wachsende Anbauumfang für Mais lässt dadurch auch keinen Zusammenhang zu den ausgewählten Preisverläufen erkennen.

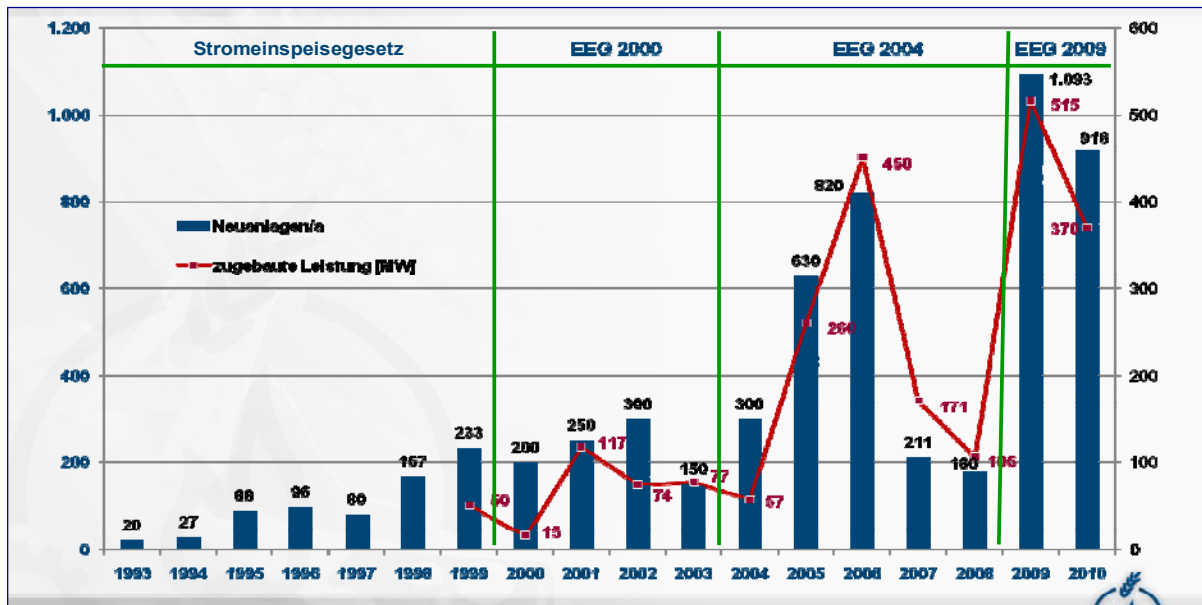
Hinzu kommt, dass es für Silomais keinen echten Markt sondern aufgrund der geringen Transportwürdigkeit nur regionale Handelsbeziehungen gibt und somit keine offiziellen Preisnotierungen zu erwarten sind. Eine vermehrte Nachfrage wirkt sich lediglich auf den regionalen Anbauumfang aus, da Silo- wie Körnermais in größeren Betrieben meist nur innerbetrieblich als Futter für Vieh und Biogasanlagen eingesetzt wird und in den kleinräumig strukturierten Agrargebieten regional verwertet wird.

## b. EEG-Novellierung (im Allgemeinen)

Die jeweiligen EEG-Novellierungen fanden in den Jahren 2000, 2004 und 2009 statt. Dies hatte sowohl Auswirkungen auf die Anlagenanzahlen, die Anlagenleistungen sowie die Substratzusammensetzung und damit auch der Flächennutzung.

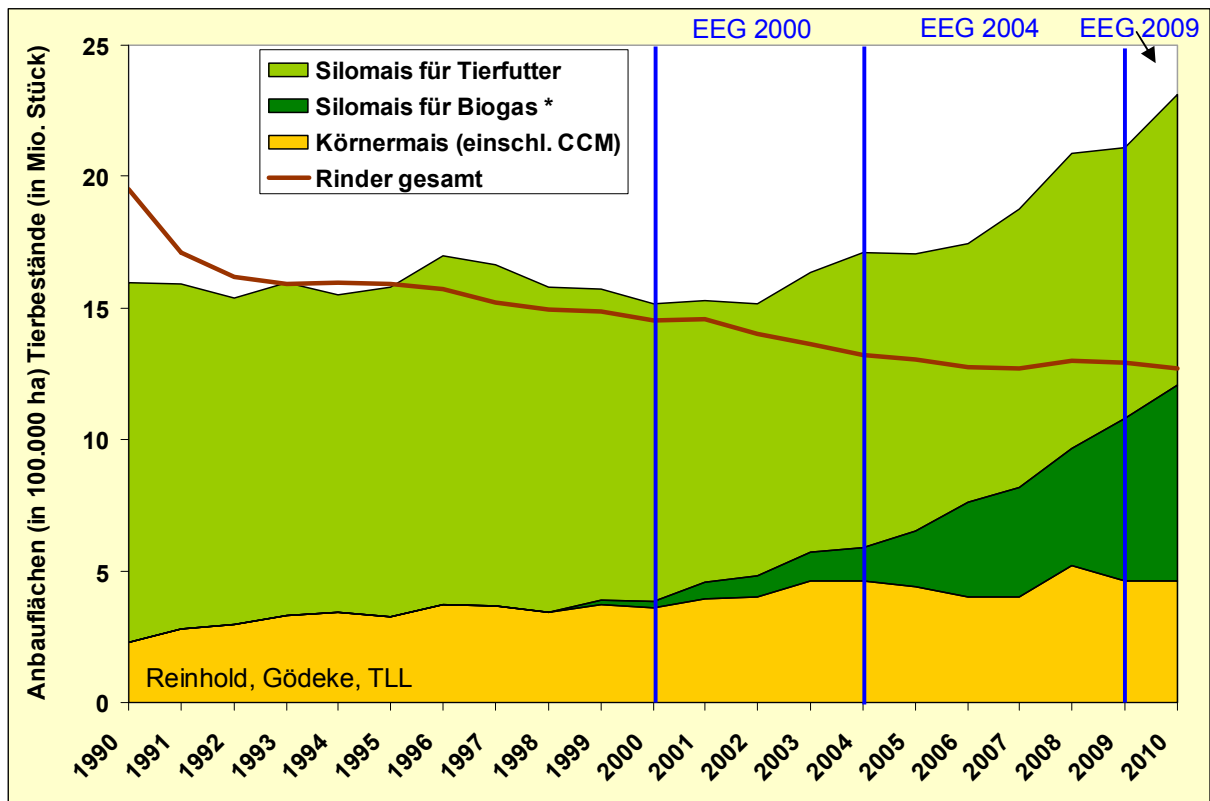
Anfangen mit der Auswirkung auf die Anlagenzahlen zeigt sich stets ein verhaltener Zubau von Anlagen kurz vor einer EEG-Novellierung und ein darauf folgender hoher Anstieg der Anlagenzahlen und der installierten Gesamtleistung nach Inkrafttreten der jeweiligen Novellierungen (Abbildung 20), aufgrund der dann für 3 - 4 Jahre berechenbaren wirtschaftlichen Rahmenbedingungen.

Gut abzulesen ist in der Abbildung der Trend zum Bau großer Anlagen mit der Novelle 2004 (tendenziell ein höherer Anstieg der elektrischen Gesamtleistung als der Anlagenzahlen) und mit der Novelle 2009 der umgekehrte Trend des bevorzugten Baus der kleinen Anlagen (tendenziell ein höherer Anstieg der Anlagenzahlen als der elektrischen Gesamtleistung).



**Abbildung 20:** Zubau von Anlagen und installierter elektrischer Leistung (in MW) pro Jahr in Deutschland von 1993 bis 2010, Quelle: Fachverband Biogas

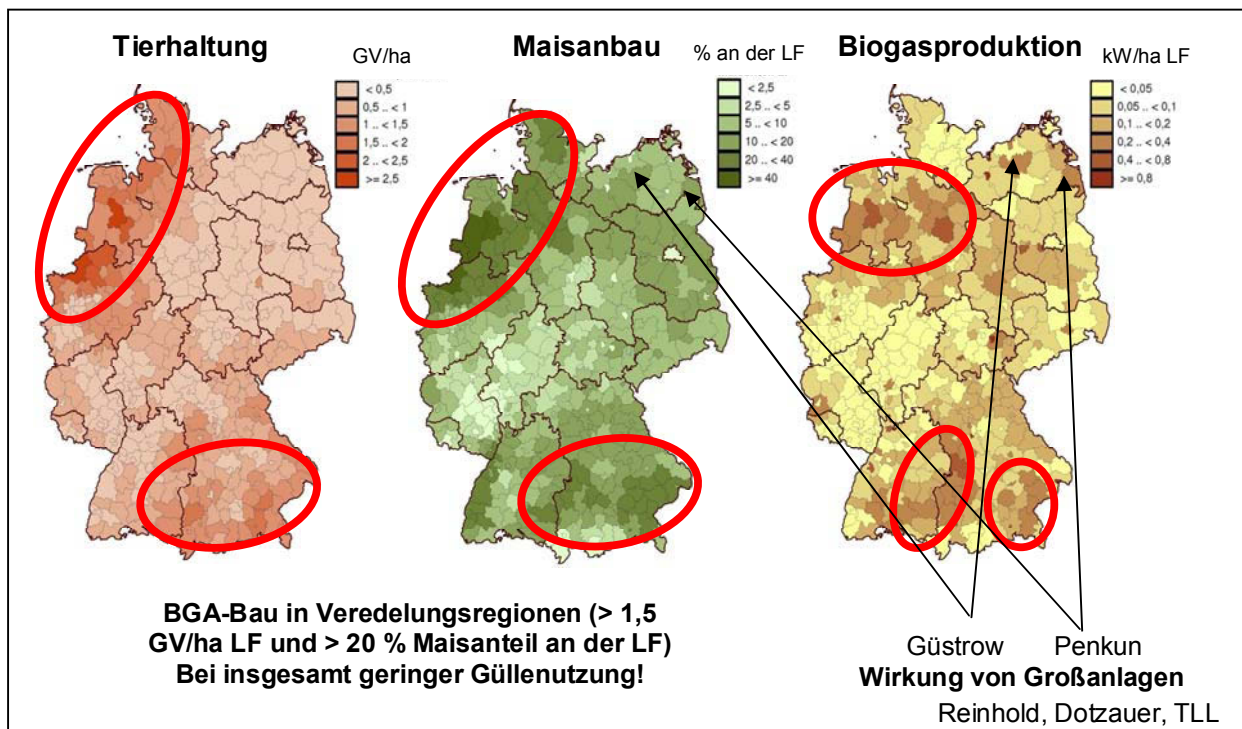
Da die Maisanbaufläche bis zum Jahre 2002 analog zu dem abnehmenden Milchkuhbestand in Deutschland auf insgesamt 1,52 Mio. ha gesunken war, ist der nachfolgende Anstieg der Nachfrage aus dem Biogassektor zuzuschreiben (Abbildung 21). Allerdings erreichte der Flächenumfang von Silomais (für Futter und Biogas) insgesamt, erst 2006 wieder annähernd die Höhe von 1990. Der Anstieg der Maisanbauflächen bis dahin, ist auch zu einem großen Anteil auf den Anstieg des Körnermaisbaus aufgrund steigender Schweinezahlen in Deutschland (vgl. Kapitel 2.c.) zurückzuführen.



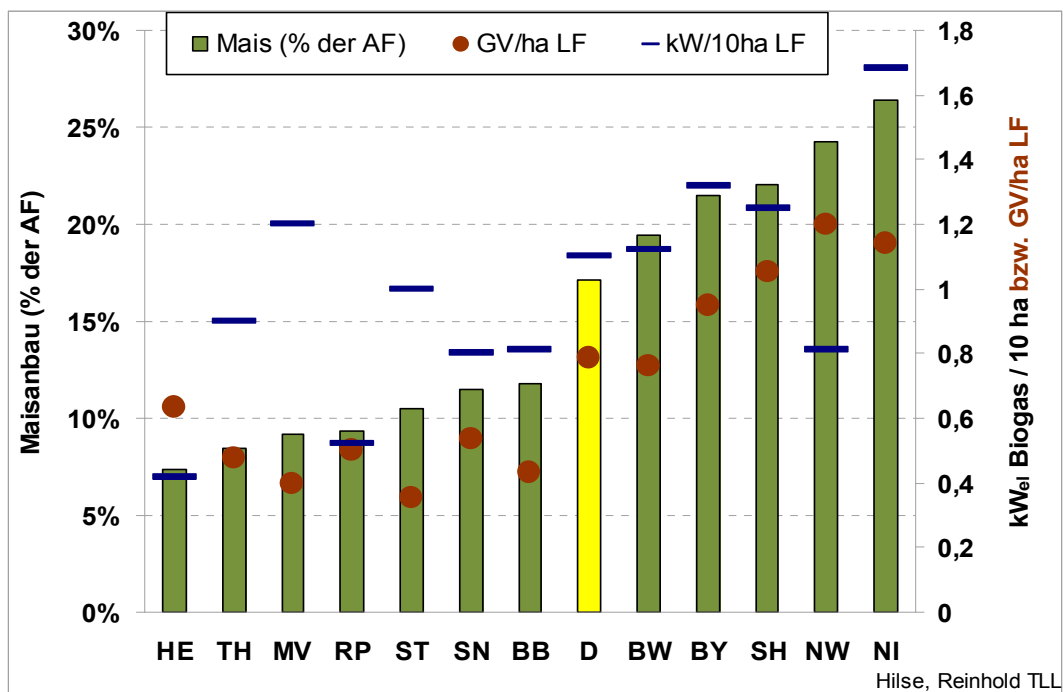
**Abbildung 21:** Entwicklung der Maisanbauflächen in Deutschland nach Verwertungsrichtung und der Rinderbestände in Deutschland von 1990 bis 2010, Quelle: Statistisches Bundesamt, 2010, \* Berechnung Silomais für Biogas unter den Annahmen: 65 % der Stromerzeugung beruht auf Mais (Quelle: EEG Monitoring 2010, Fa. Bioreact), pro ha Mais entstehen 2 kW<sub>el.</sub>; Biogasanlagenleistung pro Bundesland vom FvB Zahlen 2010)

### c. Agrarstrukturentwicklung

Vergleicht man nun die agrarstrukturelle Entwicklung des Tierbesatzes, des Maisanbaus und der Biogasanlagenleistung, bezogen auf die jeweilige Landwirtschaftliche Nutzfläche (LF) der Landkreise miteinander (Abbildung 22), so ist zu erkennen, dass sich die Konzentrationsgebiete von Viehhaltung und Maisanbau entsprechen, die Konzentrationen der Anlagenleistung passen nicht ganz so ins Bild, obwohl eine regionale Kopplung an die Tierhaltung durchaus erkennbar ist. Auffallend sind jedoch die relativ hohen Maisanteile in Landkreisen, in denen Großanlagen stehen und ein geringer Tierbesatz zu finden ist. Es gibt jedoch auch Landkreise mit hoher Anlagenleistung und moderater Maisanbaufläche an der LF. Auch eine pauschale Aussage Biogasanlagenstandorte sind gleichbedeutend mit hohen Maisanbauanteilen an der Ackerfläche lässt sich anhand der aktuellen Daten nicht belegen (Abbildung 23).



**Abbildung 22:** Zusammenhänge der Strukturentwicklung von Tierbesatz (GV/ha), Maisanbau (% der LF) und Biogasanlagenleistung (kW/ha LF) in den Landkreisen, Stand 2010, Quelle: BMELV 2010 und Statistische Landesämter 2007 (nur Hessen)



**Abbildung 23:** Maisflächenanteil (in % der AF), Tierbesatz (in GV/ha LF) und Biogasanlagenleistung (kW/10 ha LF) in den Bundesländern, Quelle: Statistisches Bundesamt, 2007 (Tierzahlen) und 2011 (Maisflächen); FvB (Biogasanlagenleistungen), 2009

#### **4. Zusammenstellung und Wertung aller in der Öffentlichkeit plakatierten Wirkungen des Energiemaisanbaus**

Die Begriffe „Vermaisung“ der Landschaft oder „Maiswüsten“ sind in Deutschland mittlerweile in den Focus der Presse gerückt. Die aktuelle Wahrnehmung der Öffentlichkeit ist oftmals negativ behaftet. Biodiversitätsverlust, Humusschwund, Bodenerosion und ein monotones Landschaftsbild prägen die Diskussion. Im Folgenden soll auf diese „Vorwürfe“ gegenüber der Landbewirtschaftung näher eingegangen werden.

##### **a. „Biodiversitätsverlust“**

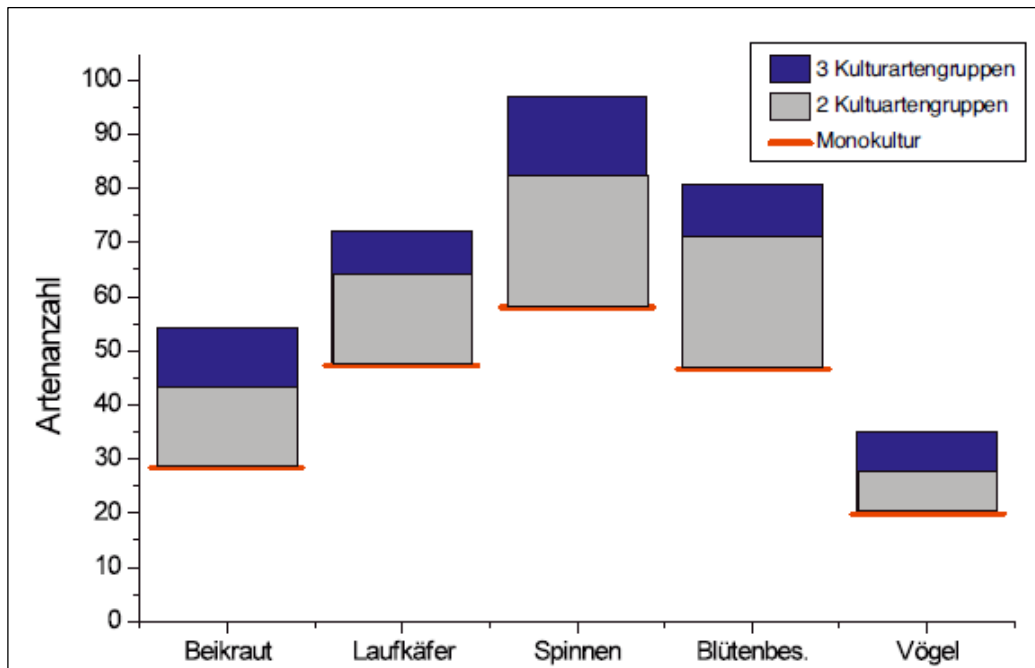
Mit dem Ausbau der Bioenergie ergeben sich sowohl Risiken als auch Chancen für die Vielfalt in der Landwirtschaft. Die in der Öffentlichkeit publizierten Werte in Hinblick auf die Auswirkungen einer verstärkten Biogasproduktion sowie des Maisanbaues stellen sich beim Faktor Biodiversität überwiegend negativ dar.

Mais gilt als Kulturart mit einer geringeren Biodiversität, da er aufgrund seiner Herkunft eine vergleichsweise junge Nutzungsgeschichte in Europa hat. Im Vergleich zu beispielsweise Getreide sind weniger Arten an den Maisanbau angepasst. In wissenschaftlichen Analysen wird deutlich, dass mehrere unterschiedliche Faktoren beim Anbau von Energiepflanzen auf die Biodiversität Einfluss nehmen, wobei die Anbaufläche und die räumliche Konzentration einer Anbaufrucht eine wichtige Rolle spielen. In der Öffentlichkeit wird vor allem die Zunahme von Maismonokulturen wahrgenommen und in Zusammenhang mit einem Biodiversitätsverlust gestellt. In diese Diskussion mischen sich die Thesen eines erhöhten Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln, der Rückgang an ungenutzten oder extensiv genutzten Flächen und der Verlust an landschaftlicher Struktur.

##### **Monokultur und verengte Fruchtfolgen**

Eine zentrale Ursache für die Abnahme der Biodiversität bildet die seit vielen Jahren abnehmende Strukturvielfalt auf Ackerflächen und in Agrarlandschaften sowie die Vereinfachung der Fruchtfolgen. Diese Entwicklung hat mit der Förderung des Energiepflanzenanbaus eine zusätzliche Dynamik erhalten (SCHÖNE, 2007).

Im Rahmen des Verbundprojektes „EVA“ (Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands) wurden u.a. ökologische Folgewirkungen beim Anbau von Energiepflanzen untersucht, wobei die Auswirkungen auf Fauna und Flora einen Schwerpunkt bilden. In Abbildung 24 wird deutlich, dass im Vergleich zu einem Zwei- oder Dreikulturenanbau die Artenzahlen in einer Monokultur deutlich geringer ausfallen.



**Abbildung 24:** Artenanzahlen in den untersuchten Organismengruppen in Abhängigkeit von der Zusammensetzung der Fruchtfolgen im EVA-Projekt (Vogelzahlen 10fach, aufgrund der Darstellung), Quelle: FNR, 2010

Ebenfalls auf diesen Untersuchungen beruht die Aussage von HUFNAGEL et al. (2007), dass der Anbau von Mais in Monokultur die potenzielle Artenvielfalt sehr stark reduziert. Dagegen aber Maisanbau im Wechsel mit anderen Fruchtarten ähnlich hohe Artenanzahlen wie der Anbau von anderen Fruchtarten aufweist. Der Mais bietet Habitatbedingungen, die für Arten förderlich sind, deren Populationsentwicklung im Spätsommer erfolgt, z.B. Sommerblüher unter den Beikräutern, larvalüberwinternde Laufkäfer, sommeraktive Spinnen und Schwebfliegen (GLEMNITZ et al., 2010) und diese dann auch vermehrt auftreten. In Analysen von DZIEWIATY UND BERNARDY (2007), die sich mit den Auswirkungen einer zunehmenden Biomassennutzung auf Vögel in der Agrarlandschaft beschäftigen, wird deutlich, dass sich vor allem Maisflächen mit einer Schlaggröße von über 5 Hektar negativ für den Brutlebensraum darstellen. Auch in einer hessischen Studie zur floristischen Artenvielfalt auf Ackerflächen ergaben sich geringere Artenzahlen auf Maisflächen im Vergleich zu Winterraps, Winterweizen und Zuckerrübe. Mit Hilfe eines Modelles wurde u.a. ein Szenario erstellt, welches von einer erheblichen Zunahme der Maisanbaufläche ausgeht. In der großräumigen Betrachtung (1 km<sup>2</sup>) ist dabei die Artenzahl des Mais-Szenarios im Vergleich zur Ausgangssituation allerdings nahezu identisch geblieben (OTTE, 2010).

In den genannten Untersuchungen wird deutlich, dass ein hoher regionaler Maisanteil sowie ein hoher Maisanteil in der Fruchtfolge zu geringeren Artenzahlen führen. Entscheidende Einflussfaktoren auf die Biodiversität bilden dabei Fruchtfolge, Anbauverfahren und Anbaukonzentration (VETTER, 2011).



Zusätzlich nimmt die Nutzbarmachung von nicht oder gering genutzten Flächen Einfluss auf die Vielfalt in der Agrarlandschaft und die öffentliche Wahrnehmung. Eine Abnahme der Biodiversität im Ackerland aufgrund von fehlenden Rückzugsflächen für die Regeneration und Reproduktion von Arten ist die Folge (SCHÜMANN, 2009).

Die Gründe für diese Entwicklung sind nicht alleinig auf den Energiemaisanbau zurück zu führen. Der steigende Anspruch an die Leistungsfähigkeit der Landwirtschaft und die damit verbundene Nutzungsintensivierung, die Entwicklung der Agrarrohstoffpreise (SCHÜMANN, 2009) und der Wegfall der Prämie für Stilllegungsflächen im Jahr 2007 sind ausschlaggebende Faktoren.

Zusammenfassend gilt, dass sich Mais erst dann negativ auf die Biodiversität auswirkt, wenn „regional sinnvolle Anbaugrenzen“ überschritten werden und/oder der Anbau in Monokultur erfolgt (GLEMNITZ et al., 2010). Der Maisanbau im Fruchtwechsel mit anderen Kulturen fördert die Individuenzahlen wildlebender Tiere bzw. Deckungsgrade wildlebender Pflanzen (GLEMNITZ et al., 2009).

Grundsätzlich bietet der Energiepflanzenanbau mit dem Einsatz von neuen Fruchtarten, Mischkulturen und vielfältigen Fruchtfolgen eine große Chance für die Diversifizierung der Agrarlandschaft.

#### Erhöhter Aufwand für Pflanzenschutz

Mit einem steigenden Maisanbau kann nicht von einem linear steigenden Einsatz von Pflanzenschutzmitteln ausgegangen werden. Im Vergleich zur verdrängten Fruchtart, nämlich Getreide ist mit einer deutlichen Verringerung der Pflanzenschutz-Intensität zu rechnen. Wie in Kapitel 1 beschrieben, gilt der Mais als eine gesunde Pflanze, die im Vergleich zu anderen Kulturarten deutlich weniger Pflanzenschutzaufwendung benötigt. Mit einem hohen regionalen Anteil einer Kultur geht eine Veränderung der Unkrautflora einher sowie oftmals ein erhöhter Infektionsdruck. Dies können beim Mais pilzliche Erreger und die Ausbreitung des Maiszünslers sein (ERHARDT, 2011). Es gibt keine wissenschaftlichen Belege, die einen überdurchschnittlich erhöhten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln beim Energiemaisanbau belegen. Insgesamt ist also durch verstärkten Maisanbau mit einem verringerten Mitteleinsatz und deutlich geringerer Pflanzenschutz-Intensität zu kalkulieren.

#### Abnehmende Erlebnis- und Erholungsfunktion

Eine Veränderung des Landschaftsbildes birgt häufig Konfliktpotenzial. Ein regional überdurchschnittlich hoher Anteil einer Kulturart wird in der öffentlichen Wahrnehmung negativ bewertet. Eine abwechselnde Struktur des Landschaftsbildes und ein vielförmiger Anbau in der Agrarlandschaft bieten einen höheren Erlebnis- und Erholungswert.

Grundsätzlich sei festgestellt, dass die Maispflanze erst ab Juli bis September/Okttober so hoch ist, dass der Mensch nicht mehr ohne weiteres darüber gucken kann. Dies aber zu einer Zeit, wo z.B. Getreidefelder bereits abgeerntet sind. Maisflächen bilden somit „grüne Inseln“ zwischen den Stoppelfeldern und bieten damit Rückzugsgebiete für die verschiedenen Lebensformen.

Dennoch gilt es hier zukünftig die Chancen des Energiepflanzenanbaues durch eine erweiterte Integration in die Kulturlandschaft zu nutzen. Eine regional angepasste Diversifizierung der Fruchtarten kann mit Hilfe des Energiepflanzenanbaus eine Bereicherung darstellen. Am Beispiel Thüringen, wo ein hoher Getreideanteil in der Marktfruchtfolge dominiert, kann Mais und neue Kulturarten für die Biogaserzeugung sowie die Integration von Energieholz vielfältige Möglichkeiten eröffnen (VETTER, 2011) und somit auch die Wirkung auf die Erlebnis- und Erholungsfunktion positiv beeinflussen.

Mit innovativen Anbausystemen wie Mischfruchtanbau oder einer Zweitfrucht nach einer Winterfrucht mit demnach zwei Ernten pro Jahr, können hohe Biomasseerträge auch ökologisch erzeugt werden, wenn die Brutzeiten der Vögel bei den Erntezeitpunkten berücksichtigt werden. Ziel sollte der Einsatz eines möglichst breiten Biogaspflanzenspektrums sein, um einer negativen Wahrnehmung vorzubeugen.

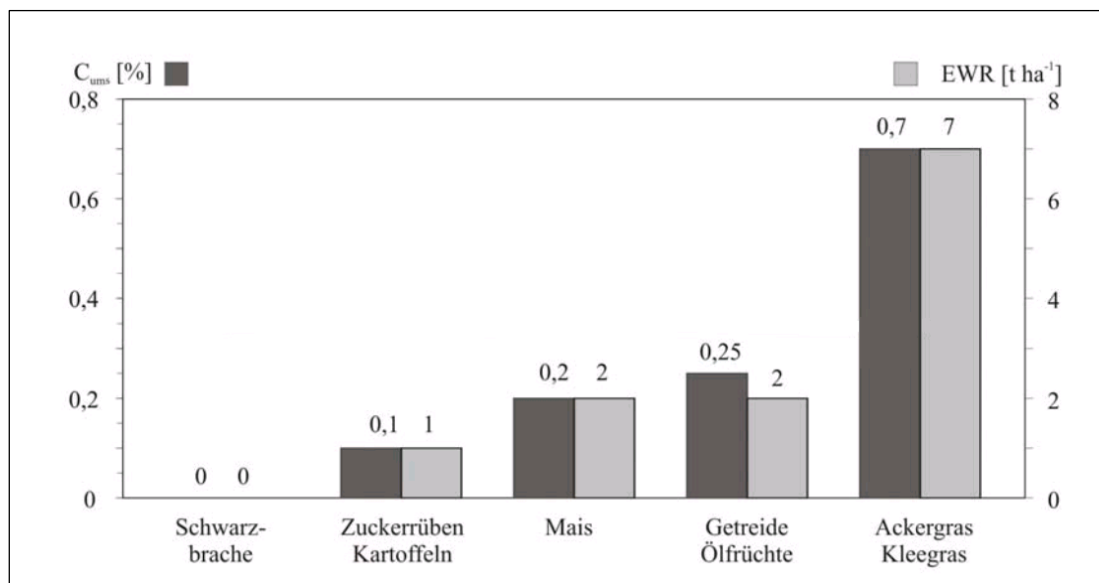
#### **b. Auswirkungen des Energiemaisanbaus auf die Humusproduktion**

Humus ist laut SCHEFFER UND SCHACHTSCHABEL (2002) die gesamte tote organische Substanz in und auf dem Boden. Humus beinhaltet pflanzliche und tierische Stoffe, deren Umwandlungsprodukte sowie anthropogen eingebrachtes, organisches Material.

Die Bedeutung der organischen Bodensubstanz (OBS) für die Pflanzenproduktion ist durch ihren umfassenden Einfluss auf die biologischen, physikalischen und chemischen Eigenschaften von Böden begründet. Die OBS ist Lebensgrundlage für Bodenorganismen. Streustoffe werden durch Pilze, Vertreter der Makrofauna (Regenwürmer, Asseln und Tausendfüßler) oder von Vertretern der Mesofauna (Enchyträen, Collembolen) umgewandelt. Bereits zerkleinerte Pflanzen- oder Tierreste, sowie Exkremente der Bodentiere werden durch Sekundärzersetzer weiter abgebaut. Die OBS erhöht somit die bodenbiologische Aktivität und steuert zahlreiche Stoffumsatzprozesse. Für ackerbaulich genutzte Böden liegt die Bedeutung weiterhin in ihrer Eigenschaft als Speicher und Quelle von Nährstoffen wie z.B. Stickstoff, Schwefel und Phosphor. Neben der Ertragssicherung hat die OBS auch eine ökologische Relevanz. Sie kann als Filter und Puffer toxischer Substanzen wirken. Sie nimmt außerdem entscheidenden Einfluss auf die bodenphysikalischen Eigenschaften. Die organische Bodensubstanz erhöht die Aggregatstabilität, die Durchwurzelbarkeit, die Infiltrationskapazität, das Wasserspeichervermögen und vermindert so die Erosionsanfälligkeit von Böden.

Auf Ackerschlägen direkt bestimmte Humusgehalte sind schwierig zu beurteilen, da geeignete Werte zur korrekten Einordnung fehlen, eine enorme zeitliche und räumliche Variabilität der Gehalte auftritt und lange Zeiträume bis zum sicheren Nachweis von Humusgehaltsänderungen notwendig sind. Um die aufgeführten Schwierigkeiten zu umgehen, wurde die Humusbilanzierung als Instrument zur (indirekten) Einschätzung des Humushaushaltes ackerbaulich genutzter Böden entwickelt. Mit Humusbilanzen sind quantitative Aussagen zur Humusersatzwirtschaft realer oder geplanter Bewirtschaftungssysteme möglich. Untersuchungen zur Dynamik des organischen Kohlenstoffgehaltes sowie des Stickstoffgehaltes von Böden in Dauerversuchen, sowie Vergleiche aus langjährigen Fruchtfolge-Düngungsversuchen stellen die Grundlage dar, um

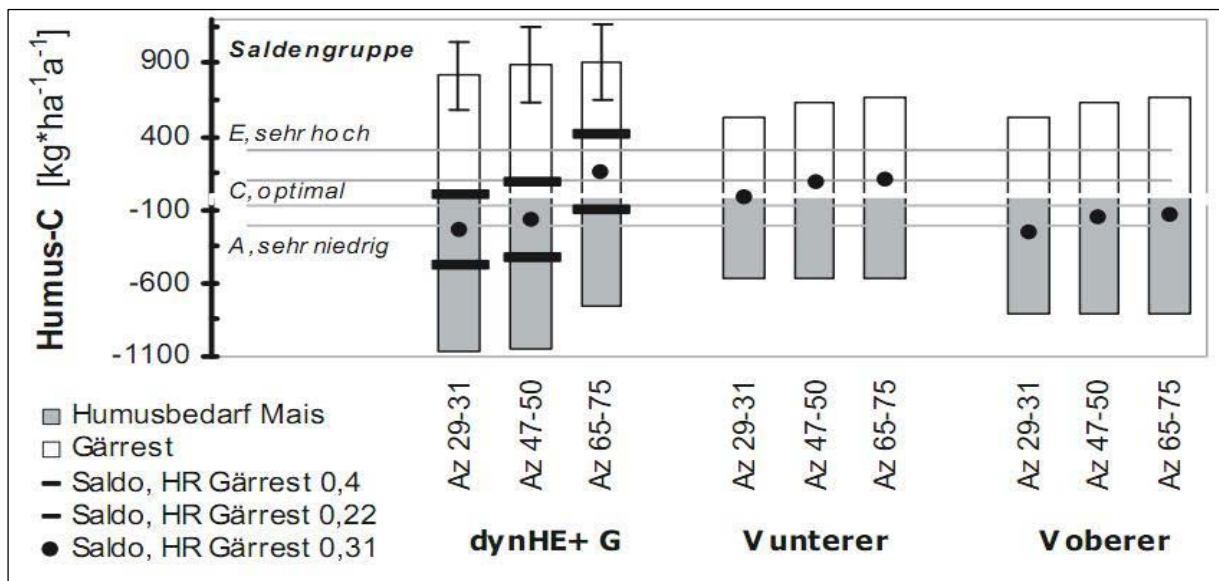
Bedarfs- und Reproduktionsfaktoren für die Humusbilanzierung abzuleiten. Aufgrund dieser Untersuchungen werden Fruchtarten in humusmehrend (z.B. Leguminosen, Ackergras) und humuszehrend (z.B. Zuckerrübe, Silomais, Körnermais) unterschieden. Ihnen werden nach der Intensität der Mehrung oder Zehrung Koeffizienten zugewiesen. Anfallenden Koppelprodukten (z.B. Stroh, Rübenblatt) und organischen Düngern (z.B. Festmist, Rindergülle, Klärschlamm) werden humusmehrende Koeffizienten zugewiesen. Die spezifischen Koeffizienten der Fruchtarten sind durch die für sie charakteristische Art und Dauer der Bodenbedeckung und -bearbeitung, der Menge und Qualität des Streueintrags über die Ernte- und Wurzelrückstände begründet. Die Unterschiede der Ernte- und Wurzelrückstände der verschiedenen Fruchtarten und deren Wirkung auf den umsetzbaren organischen Kohlenstoff sind in Abbildung 25 dargestellt.



**Abbildung 25:** Beziehung zwischen der Masse an Ernte- und Wurzelrückständen (EWR) ausgewählter Fruchtarten und dem Gehalt des Bodens an umsetzbaren Kohlenstoff ( $C_{ums}$ ) im Durchschnitt von 22 Dauerfeldversuchen (Laufzeit der Versuche 20 – 100 Jahre) (verändert nach KÖRSCHENS et al. 2005)

Nach verschiedenen Methoden ist die reine anbauspezifische Veränderung (Humusbedarf) unter Silomais als negativ zu bewerten. Sie bewegt sich von – 560 kg Humus C/ha bei VDLUFA untere Werte über – 800 kg Humus C/ha bei VDLUFA obere Werte bis max. - 1175 kg Humus C/ha bei der dynamischen Humuseinheitenmethode.

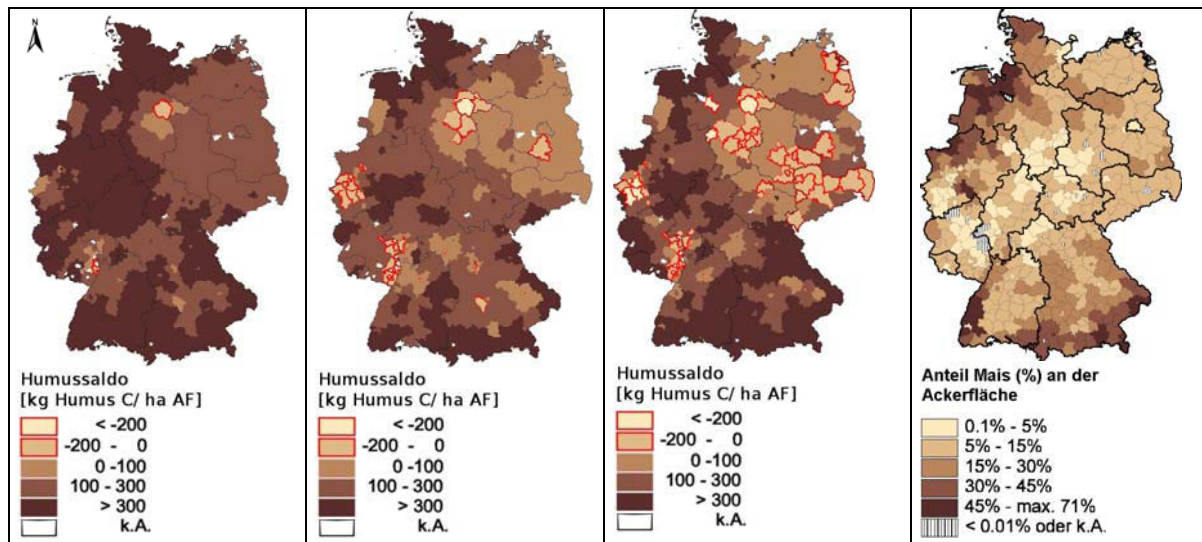
Wird Mais als Fruchtfolgeglied einzeln betrachtet kann der Boden nur einen ausgeglichenen oder positiven Humussaldo (Gehaltsklasse C) durch die Rückfuhr von Wirtschaftsdüngern oder Gärresten erlangen (Abbildung 26). Weiterhin ist festzustellen, dass bei höherer Ackerzahl und damit tendenziell höheren Erträgen, die Humusbilanz durch vermehrte Rückfuhr organischer Substanz positiver wird. Bei der dynamischen HE-Methode nutzten WILLMS et al. (2009) unterschiedliche Humusreproduktionsleistungen der angewendeten Gärreste.



**Abbildung 26:** Methodenvergleich Humusbilanz für Silomais,  
a) dyn. HE-Methode (REPRO) mit Bewertung der Gärreste nach Gutser & Ebertseder (dynHE + G),  
b) VDLUFA Methode mit „unterem“ (V unterer) und „oberen“ Wert (V oberer).  
TM-Erträge: AZ 29-31: 16, AZ 47 – 50: 19, AZ 65 – 75: 20 t/ha im Median. Fehlerbalken: Unsicherheitsbereich bei verschiedenen Humusreproduktionsfaktoren des Gärrestes. Mit AZ – Ackerzahl, HR – Humusreproduktionsfaktoren, Mittel aus 30 Versuchsgliedern (WILLMS et al. 2009)

Der wissenschaftliche Disput über die Anwendung der Humusbilanzmodelle inklusive der Humusreproduktionsleistung der Gärreste ist aktuell noch nicht gänzlich geklärt und zeigt den enormen Forschungsbedarf auf diesem Gebiet. Die Modelle beruhen auf langjährigen Datenreihen die in den siebziger Jahren des 20. Jahrhunderts enden. Sie spiegeln nicht die aktuellen Produktionsmethoden wieder. Gerade unter Silomais wird der Boden heutzutage weniger intensiv bearbeitet als es noch vor 40 Jahren der Fall war. Dieser Umstand könnte potenziell zu einer geringeren Abnahme des Humussaldos führen. Trotz allem sind Humusbilanzen bislang die einzig praktikable Methode für Landwirte und Behörden die Veränderung der Humusvorräte abzuschätzen. Aus diesem Grund ist die Humusbilanzierung auch als Nachweismöglichkeit zur Erfüllung der Cross-Compliance-Regelungen zur Erhaltung landwirtschaftlicher Flächen in einem guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand in der Direktzahlungen-Verpflichtungsverordnung verankert.

Im Folgenden sollen einige Ergebnisse aus dem vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) über den Projektträger Jülich geförderten Verbundprojekt „Basisinformationen für eine nachhaltige Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen zur Bioenergiebereitstellung“ angeführt werden. Die Abbildungen 27 bis 29 zeigen Humusbilanzsalden nach den drei verschiedenen Methoden auf Landkreisebene. Auch wenn diese drei Methoden zu unterschiedlichen absoluten Überschüssen an Biomasse von 8 bis 13 Mio. t/a Stroh führen, so zeigen sie doch prinzipiell einen Überschuss an. Die Abbildung 30, mit dem Anteil von Körnermais und Silomais an der Ackerfläche, zeigt jedoch keinerlei Zusammenhang mit den Gebieten in denen auf Ebene der Landkreise negative Humussalden auftreten.



**Abbildung 27:** Humussaldo auf Landkreisebene nach VDLUFA untere Werte /Cross Compliance

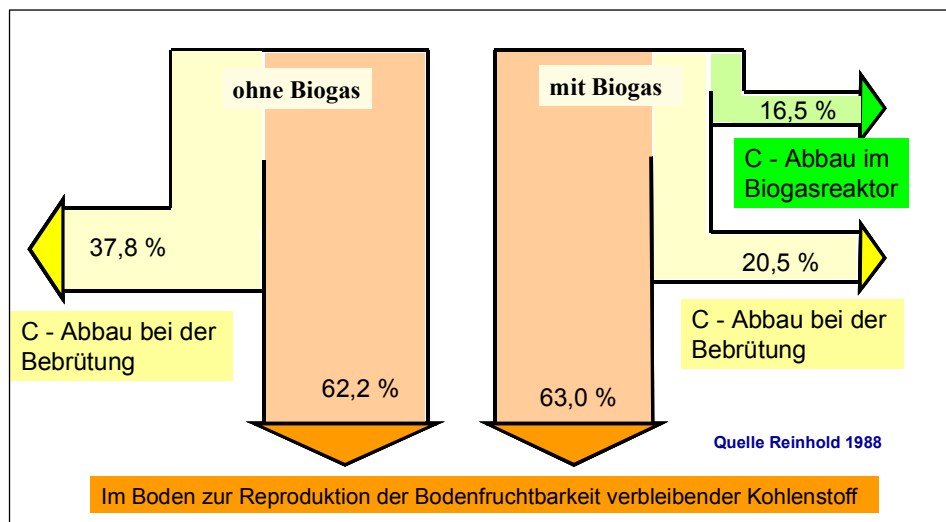
**Abbildung 28:** Humussaldo auf Landkreisebene nach VDLUFA obere Werte

**Abbildung 29:** Humussaldo auf Landkreisebene nach dynamischer Humuseinheitsmethode

**Abbildung 30:** Anteil der Fruchtarten Körnermais inkl. CCM und Silomais.

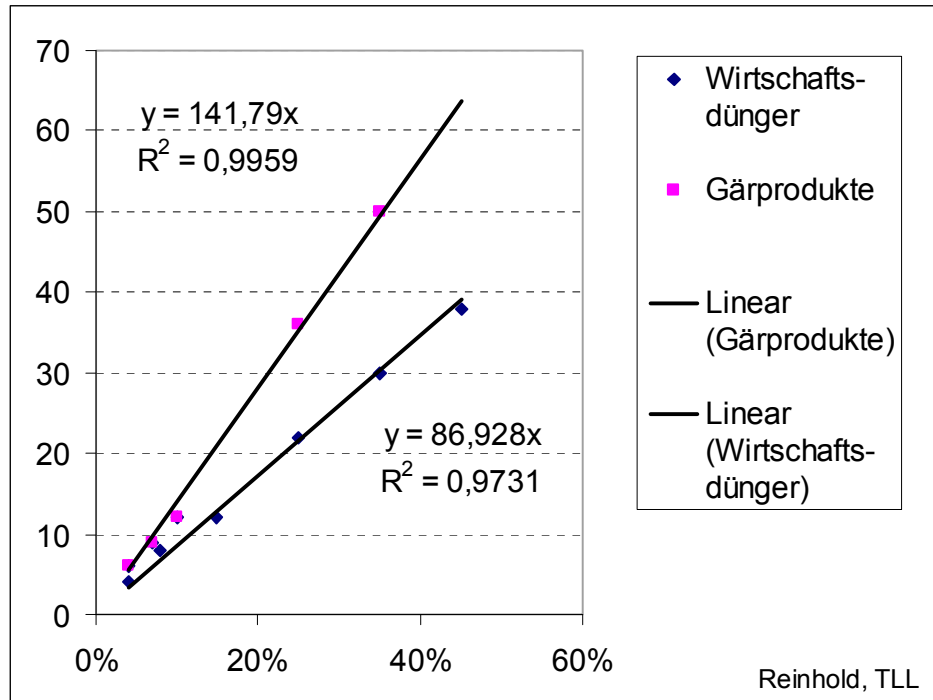
### Humuswirkung von Biogasgülle

In den 1980er Jahren erfolgten in Thüringen umfangreiche Untersuchungen zum Kohlenstoffabbau während der Güllevergärung (REINHOLD, 1988; REINHOLD et al., 1991). Deren Ergebnisse zeigen, dass die Biogaserzeugung zu einer ähnlichen C-Stabilisierung wie die aerobe Rotte führt. Die Ergebnisse von Bebrütungsversuchen mit Boden-Gülle- sowie Boden-Biogasgülle-Gemischen belegen, dass die Düngung unvergorener und vergorener Gülle zu einer vergleichbaren Humusreproduktion führt. Ursache ist die höhere C-Stabilität der Biogasgülle im Vergleich zur unvergorenen Gülle (Abbildung 31).



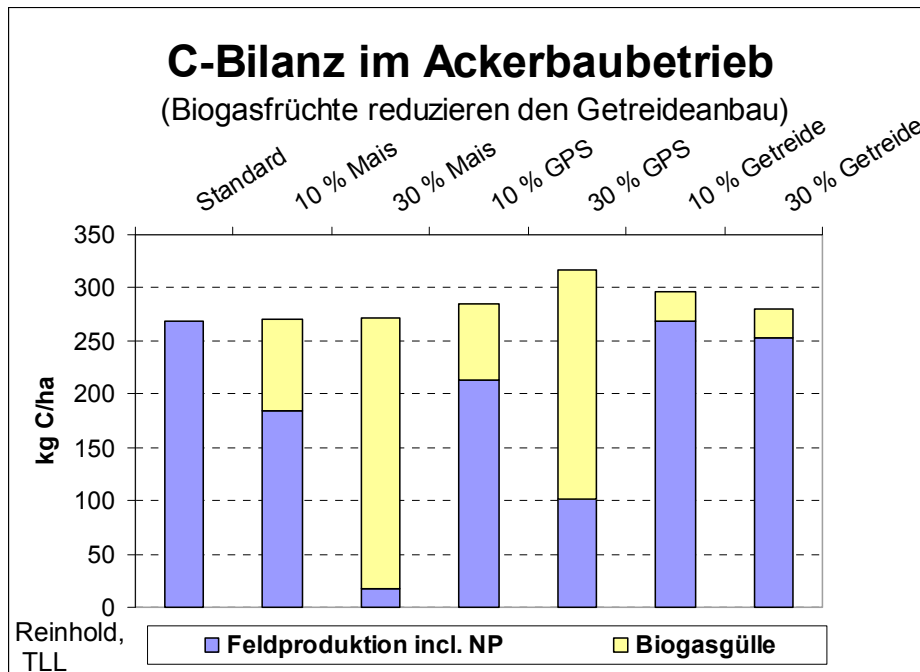
**Abbildung 31:** Kohlenstoffbilanzierung mit und ohne Biogaserzeugung

Der VDLUFA-Standpunkt zur Humusbilanzierung 2004 geht von einer höheren Humusreproduktionsleistung der Biogasgülle im Vergleich zu unvergorenen Wirtschaftsdüngern aus (Abbildung 32). Für Wirtschaftsdünger ist mit einer Humusreproduktion von 87 kg Humus C/t TS und für Gärprodukte mit einem deutlich gestiegenen Faktor von 142 kg Humus C/t TS zu kalkulieren.



**Abbildung 32:** Humus-C Faktoren für Wirtschaftsdünger und Gärprodukte (nach VDLUFA Standpunkt, 2004)

Unter Beachtung dieser Faktoren sollte die Berechnung der Humusbilanz in der Fruchtfolge bzw. im Betriebsmaßstab erfolgen und die Rückführung der Gärreste berücksichtigen. Bei Tierfütterung sind somit die Wirtschaftsdünger und bei Biogasanlagen die Rückführung der Gärreste zu beachten. Am Beispiel eines Ackerbaubetriebes mit unterschiedlichem Anbauumfang von Pflanzen für die Biogasproduktion ergibt sich, dass ohne Biogaserzeugung in der gewählten, relativ vereinfachten Fruchtfolge, aus der Produktion ein Humussaldo von – 270 kg entsteht. Durch die Rückführung der Nebenprodukte wie Stroh, Zuckerrübenblatt u. ä. folgt ein Saldo von + 273 kg C/ha. Bei Annahme der oberen Werte des VDLUFA-Standpunktes verringert sich das Saldo auf 130 kg C/ha. Durch Integration der Biogasproduktion und Gärrestrückführung treten, bei einem Anbauspektrum von Mais, Ganzpflanzensilage und Getreidekorn in Anteilen von 10 bzw. 30 % für die Vergärung, unter Verringerung des Getreideanbauanteils, keine negativen Wirkungen auf (Abbildung 33).



**Abbildung 33:** Kohlenstoffbilanz eines Ackerbaubetriebes beispielhaft für verschiedene Fruchtarten mit unterschiedlichen Anteilen an der Fruchtfolge

Die Biogasproduktion greift in den Kohlenstoffkreislauf durch die Änderung der Fruchtfolge und die Rückführung der Biogasgülle als Wirtschaftsdüngeranteil ein. Zusätzlich ist die CO<sub>2</sub>-Vermeidung durch die Substitution fossiler Energie zu beachten.

### c. Nährstoffauswaschung (Grundwassergefährdung) und Erosionspotenzial

#### Nährstoffauswaschung (Grundwassergefährdung)

Während der Jugendentwicklung des Maises ist das Wurzelsystem noch wenig entwickelt. Hierdurch wird die Nährstoffaufnahme erschwert. Bei dieser Kultur erweist sich also eine konzentrierte Zufuhr der Nährstoffe in den Wurzelbereich als besonders vorteilhaft, so dass sich eine Unterfußdüngung mit N/P-Düngern als Standardverfahren in der Praxis etabliert hat. Zweckmäßig erweist sich die Zufuhr von organischen Düngestoffen. Bewährt hat sich besonders die Ausbringung von Gülle, die sowohl vor der Saat als auch mittels Schleppschlauch oder Güllendril in den wachsenden Maisbestand (bis ca. 50 cm Wuchshöhe) appliziert werden kann. Trotz der relativ hohen Ausnutzung des Gülle-N durch Mais (anrechenbare N-Wirkung 60 % N-MDÄ) sollte die Gülleinsatzmenge (N-Gesamt) im konventionellen Anbau nicht mehr als 75 % des N-Bedarfs betragen. Überhöhte N-Düngung steigert nicht den Ertrag, sondern fördert das vegetative Wachstum, verringert die Energiedichte, führt zu Reifeverzögerungen sowie höheren, nach der Maisernte im Boden verbleibenden, pflanzenverfügbaren Stickstoffmengen (N<sub>min</sub>). N-Überschussalden auf den Flächen sind also Fehlern im Betriebsmanagement geschuldet nicht der Fruchtart.

## Erosionspotenzial

Durch den späten Bestandesschluss und die fehlende Bodenbedeckung über Winter bis nach der Aussaat, ist der Mais eine Fruchtart mit hoher Erosionsgefährdung. Bei Anbau nach vorheriger Herbstfurche sollte deshalb die Hangneigung nicht über 5 % betragen. Bei stärker geneigten Flächen können bodenschützende Verfahren (z.B. Mulchsaat, Untersaaten) oder die Reihengsaat Abhilfe schaffen (siehe auch Kapitel 1, Tabelle 1).

Die Erosionsdisposition ( $t$  Bodenabtrag/Jahr) kann mit Hilfe der „Allgemeinen Bodenabtragsgleichung“ (ABAG) berechnet werden und identifiziert dem Landwirt die gefährdeten Flächen in seinem Betrieb.

In einer Bewertung von verschiedenen Maisbetrieben (LÜTKE ENTRUP et al., 2011) mit dem Kriteriensystem Nachhaltige Landwirtschaft der TLL (BREITSCHUH UND ECKERT, 2006) wurde u.a. die Erosionsdisposition bestimmt. Es konnte mit steigendem Maisanteil an der landwirtschaftlichen Betriebsfläche keine Zunahme der potenziellen Erosionsgefährdung festgestellt werden. Auch hier überlagert der Einfluss des Betriebs- und Bewirtschaftungsmanagements den grundsätzlichen Einfluss einer bestimmten Fruchtart.

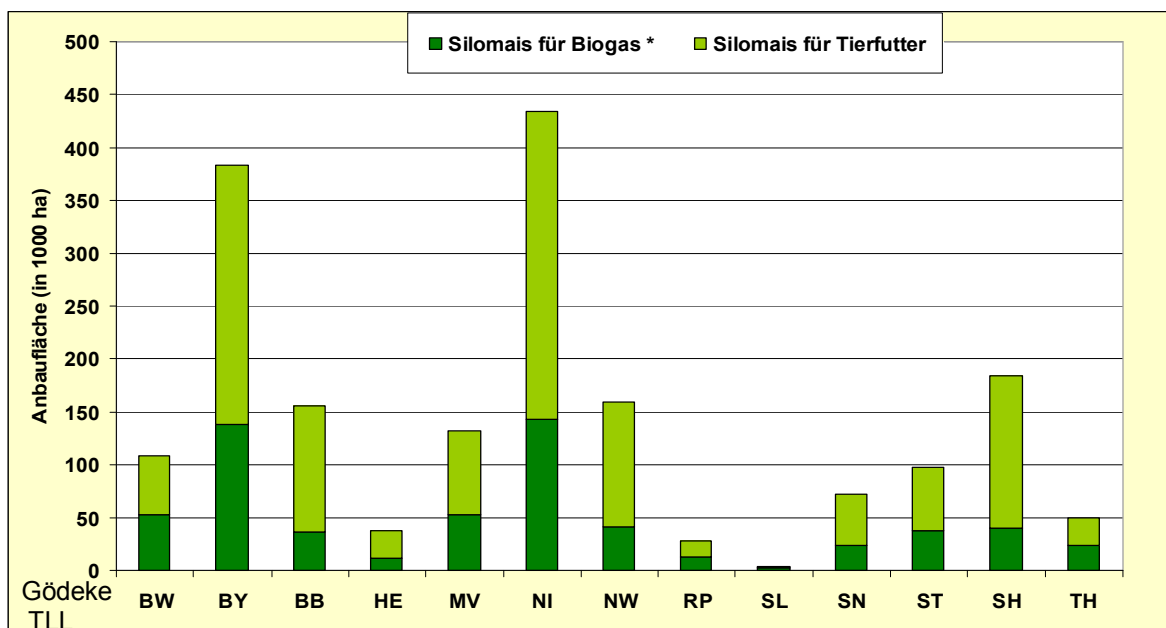
## **5 Einschätzung speziell der Wirkungen der EEG-Boni „NAWARO“ und „Gülle“**

### **a. Wirkung auf die Nutzung landwirtschaftlicher Flächen**

Wie bereits beschrieben (Kapitel 2. c, Abbildung 6), hat sich der Silomaisanbau in den einzelnen Bundesländern unterschiedlich entwickelt. Agrarstrukturell bedingt, bleiben die meisten Bundesländer jedoch in gleicher Relation zu den jeweils anderen Ländern bzgl. der Anbaufläche von Mais. Festzuhalten ist, dass sich die Länder in drei Gruppen einteilen lassen, in denen die erste Gruppe einen kaum veränderten Silomaisanbauumfang aufweist, wie z.B. Hessen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Saarland, Sachsen und Thüringen. In der zweiten Gruppe haben sich die Anbauflächen für Silomais moderat erhöht, wie z.B. in Baden-Württemberg, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen-Anhalt. Die letzte Gruppe weist einen überproportionalen Anstieg der Maisanbauflächen auf, hier sind Bayern, Niedersachsen und Schleswig-Holstein zu nennen. Die Relationen der Länder zueinander wurden durch einen jeweils höheren Flächenanstieg des Silomaisanbaus im Vergleich zu den anderen Ländern, in Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein verändert.

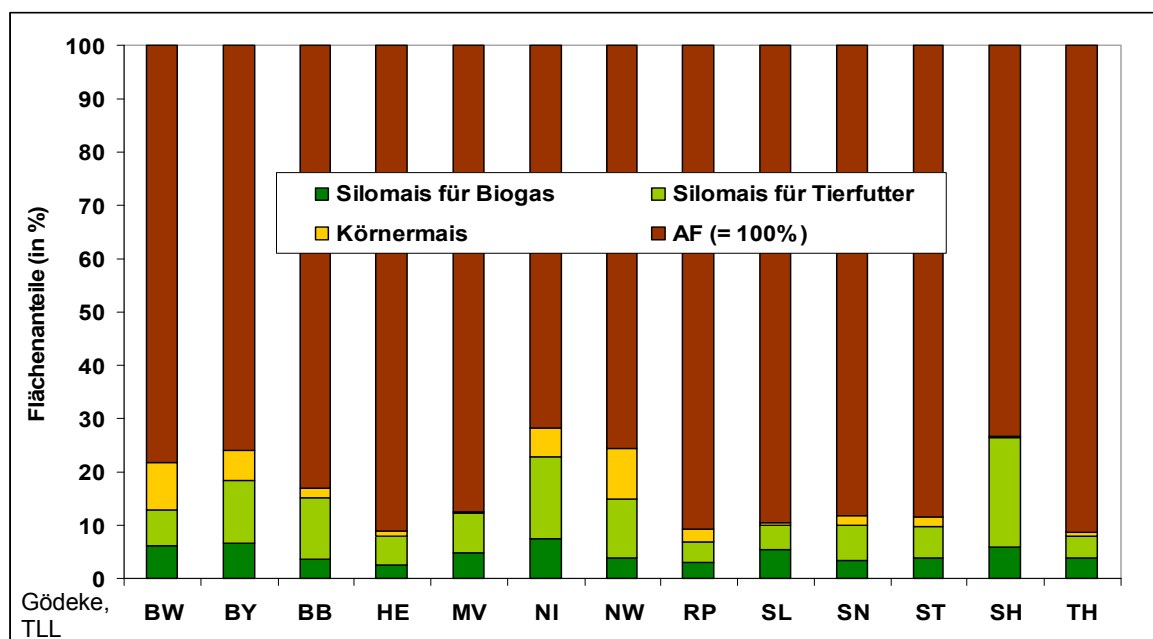
Wird auf Basis derselben Berechnungsgrundlage wie in Abbildung 21 (Kapitel 3.b) der theoretische Anteil „Biogasmais“ am Silomais berechnet, so ergeben sich für das Jahr 2010 (Biogasanlagenleistungen 2009 zugrunde gelegt), in den einzelnen Bundesländern die in Abbildung 34 dargestellten Anteile.





**Abbildung 34:** Silomaisanbauflächen nach Verwertungsrichtungen Biogas und Futter in den Bundesländern 2010, Quelle: Statistisches Bundesamt, 2010; \* Berechnung Silomais für Biogas unter den Annahmen: 65 % der Stromerzeugung beruht auf Mais (Quelle: EEG Monitoring 2010, Fa. Bioreact), pro ha Mais entstehen 2 kW<sub>el.</sub>; Biogasanlagenleistung pro Bundesland vom FvB Zahlen 2009)

Die errechneten theoretischen Anteile erstrecken sich von 22 % Silomais für Biogas in Schleswig-Holstein bis 54 % im Saarland bzw. 48 % in Baden-Württemberg.



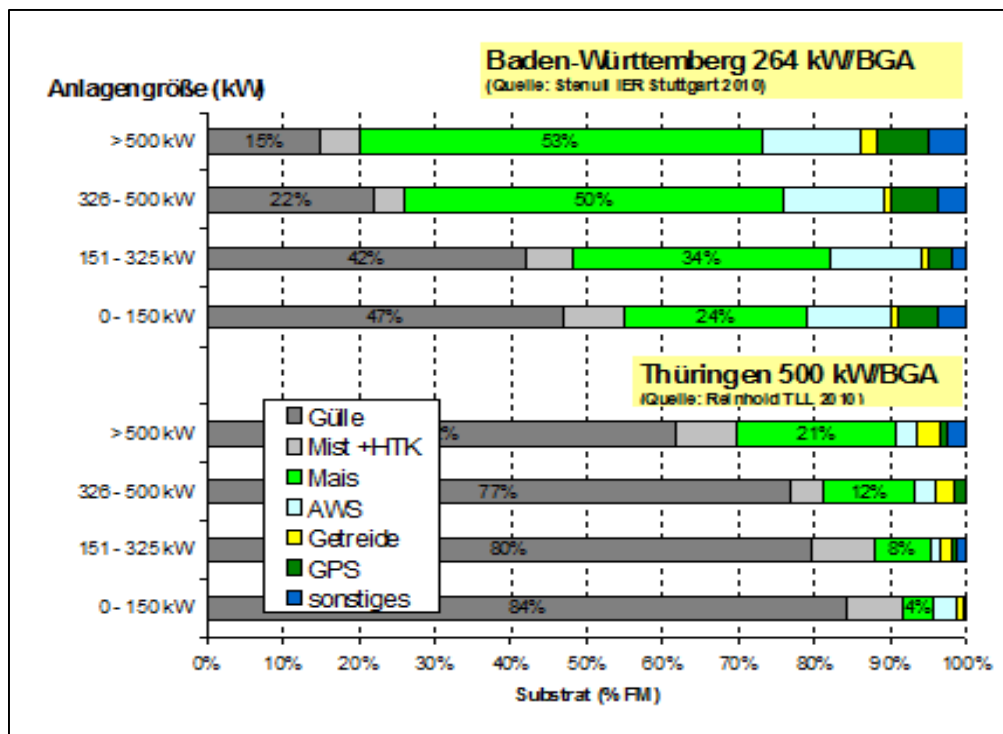
**Abbildung 35:** Maisanbauflächen nach Verwertungsrichtungen als Anteil an der Ackerfläche in den Bundesländern 2010, Quelle: Statistisches Bundesamt, 2010, \*Berechnung Silomais für Biogas unter den Annahmen: 65 % der Stromerzeugung beruht auf Mais (Quelle: EEG Monitoring 2010, Fa. Bioreact), pro ha Mais entstehen 2 kW<sub>el.</sub>; Biogasanlagenleistung pro Bundesland vom FvB Zahlen 2009)

In Baden-Württemberg wird jedoch noch mehr Fläche zur Körnermaisproduktion als zum Anbau für Biogasmais genutzt (Abbildung 35).

Es wird also immer der größere Flächenteil (außer im Saarland, mit einer insgesamt sehr begrenzten Fläche) für die Futterproduktion genutzt. Auch hier kann wieder gezeigt werden, dass die Maiskonzentration in den Bundesländern am höchsten ist, wo sowieso schon, aufgrund der Tierzahlen, die Maisproduktion strukturell gewachsen ist.

Insgesamt lässt sich eine Differenzierung des Maiseinsatzes in Abhängigkeit von der Agrarstruktur und der BGA-Größe (Abbildung 36) erkennen. Es ist stichpunktartig festzustellen, dass:

- bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen die Größe der Tierproduktion, mit dem entsprechenden Gülleanfall, den Maisanteil wesentlich bestimmt.
- der Maisanteil mit der Biogasanlagengröße steigt.
- der Maisanteil in kleinräumig strukturierten Agrargebieten (z.B. in Baden-Württemberg), aufgrund der kleineren Einheiten der Tierhaltung und der für die Struktur zu groß dimensionierten Biogasanlagen, höher ist als z.B. in Thüringen.
- der Wirtschaftsdüngeranteil bei Biogasanlagen innerhalb der Landwirtschaft (Kleinanlagen, Tierproduktion) steigt.
- das Betriebswachstum in den Veredlungsregionen mit hohem Tierbesatz in Richtung Biogas geht, ohne dass Wirtschaftsdünger verstärkt genutzt werden. Somit werden in diesen Regionen die negativen Umweltwirkungen, wie z.B. überproportional wachsende Maisanbauanteile, steigende Wirtschaftsdünger-N-Fracht je ha, Phosphorübersorgung, noch verstärkt.



**Abbildung 36:** Wirkung von Agrarstruktur und Biogasanlagengröße auf den Substrateinsatz

**b. Wirkung auf die Nutzung von Reststoffen in Biogasanlagen (Gülleanteil)**

**i. Stand des Einsatzes von Wirtschaftsdünger als Maisersatz in BGA**

Der Einsatz von Wirtschaftsdünger und damit der notwendige NaWaRo(Mais)-Anteil sind stark von den agrarstrukturellen Bedingungen der Region abhängig. In großräumig strukturierten Agrargebieten mit relativ niedrigem Tierbesatz < 0,5 GV/ha, wie in den neuen Bundesländern, werden angepasste Biogasanlagen (BGA) vorrangig am Standort der Stallanlagen errichtet und setzen somit die gesamten Güllemengen des Standortes (10.000 bis 50.000 m³/a) ein. In Thüringen z.B. beträgt der mittlere Gülleanteil am Substratmix der BGA fast 80 %. So wurde hier erreicht, dass ca. 42 % der gesamten Thüringer Güllemenge in Biogasanlagen zum Einsatz kommt (Tabelle 4).

**Tabelle 4:** Nutzung von Wirtschaftsdünger zur Biogasproduktion in Thüringen

Thüringen	TS-Gehalt	Wirtschaftsdüngeranfall in 1.000 t/a	Wirtschaftsdüngernutzung in BGA
Rindergülle <sup>1)</sup>	8 %	3.023	47 %
Schweinegülle	5 %	1.594	31 %
Gülle gesamt	7 %	4.617	42 %
Trockenkot und Tiefstreu <sup>2)</sup>	60 %	39	112 %
Stallmist <sup>1)</sup>	25 %	1.525	9 %

<sup>1)</sup> incl. 50 % des Jaucheanfalls <sup>2)</sup> Nutzung > 100 % durch Importe

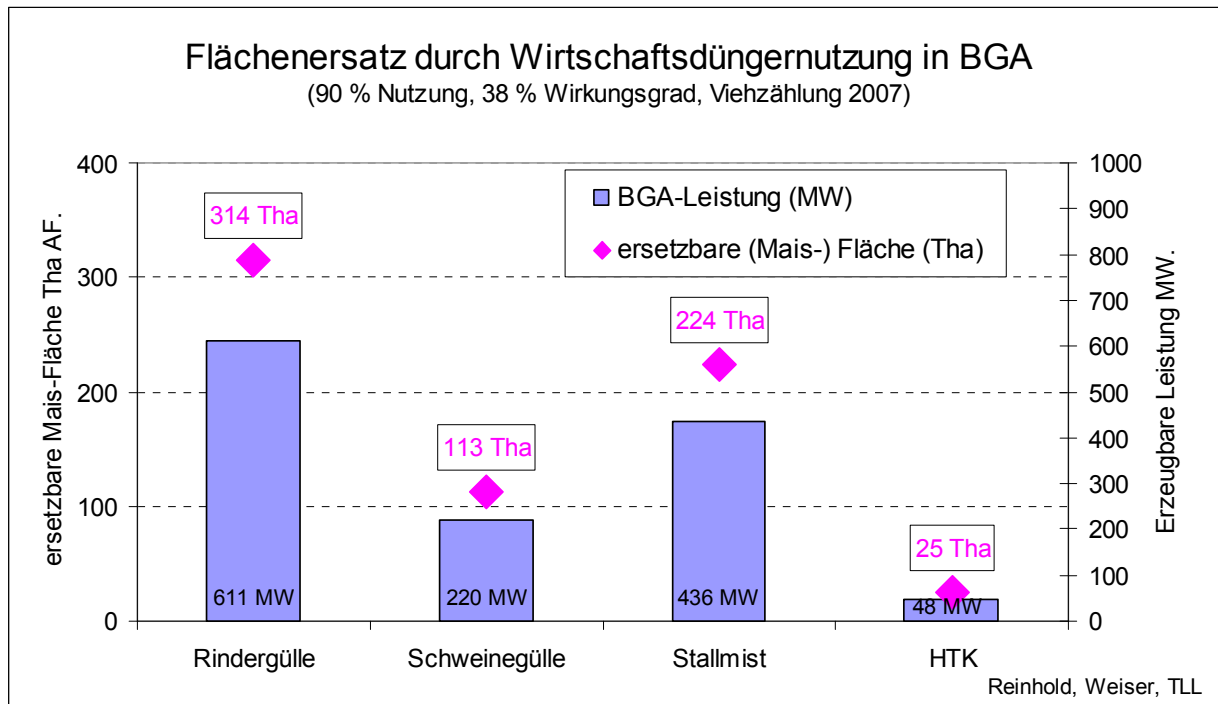
Dagegen wird in kleinräumigen Strukturen, wie im Süden von Deutschland, auch aufgrund der Größe der einzelnen Tierhaltungsanlagen, ein vermehrter Gülleeinsatz erst möglich, wenn über Anreize ökonomische Vorteilswirkungen generiert werden. Nach einer Studie aus Baden-Württemberg (Energiepflanzen 3/2010) beträgt der Wirtschaftsdüngeranteil am Substrat bei den untersuchten Biogasanlagen im Mittel hier nur 32 % (27 % Gülle und 5 % Stallmist). Die Nutzung der Gülle für die landwirtschaftliche Biogasproduktion beträgt in Deutschland z. Zt. ca. 12 % der anfallenden Güllemenge. Basis hierfür bilden die Fütterungsdaten für rund 1.000 Biogasanlagen (HÖLKER, 2010) und die Wirtschaftsdüngeranfallsmengen (Tierzahlen Viehzählung, 2007). Die höchsten Einsatzraten sind bei energiereichen, transportwürdigen und auch weitgehend kostenneutralen Produkten wie Hühnerkot und Geflügel-Tiefstreu festzustellen (Tabelle 5).

**Tabelle 5:** Nutzung von Wirtschaftsdüngern in Biogasanlagen in der Bundesrepublik 2009

Deutschland	TS-Gehalt	Wirtschaftsdüngeranfall in 1.000 t/a	Wirtschaftsdüngernutzung in BGA <sup>3)</sup>
Rindergülle <sup>1)</sup>	8 %	128.612	12,6 %
Schweinegülle	5 %	55.768	9,3 %
Gülle gesamt	7 %	184.380	11,6 %
Trockenkot und Tiefstreu <sup>2)</sup>	60 %	1.174	47 %
Stallmist <sup>1)</sup>	25 %	36.724	2,6 %

<sup>1)</sup> incl. 50 % des Jaucheanfalls <sup>2)</sup> Nutzung > 100 % durch Importe <sup>3)</sup> Datenbasis: HÖLKER, 2010 (ergänzt)

Das energetische Potenzial der Wirtschaftsdünger ist sehr stark von den Tierarten abhängig. Rindergülle besitzt das größte Potenzial. Bei Unterstellung von 90 % Nutzung der gesamten Wirtschaftsdünger und einem Wirkungsgrad von 38 %, ergibt sich aus den Zahlen der Viehzählung (2007), dass insgesamt 600.000 ha NaWaRo-Ackerfläche (Mais-Silageertrag 40 t/ha, 32 % TS) durch den Einsatz von Wirtschaftsdüngern substituierbar sind (Abbildung 37).



**Abbildung 37:** Maximales Ackerflächenäquivalent durch Wirtschaftsdüngereinsatz

## ii. Wirkungen der EEG Novellen auf den Biogasanlagenausbau und Substrateinsatz

Mit dem EEG 2000 wurden die Grundlagen für die Einführung der Biogastechnik in die Landwirtschaft geschaffen. Wirtschaftsdünger, insbesondere Gülle sind die traditionellen Eingangssubstrate in der landwirtschaftlichen Biogaserzeugung. Im Geltungsbereich des EEG-2000 stellten Gülle und biogene Reststoffe fast die alleinigen Substrate dar.

Das EEG 2004 schaffte mit dem NaWaRo-Bonus und der Ausschließlichkeitsbedingung einerseits die Grundlage für den Einsatz von Feldfrüchten (Mais) und andererseits die Voraussetzungen für eine konzentrierte Vergärung von Bioabfällen in speziellen Anlagen. Erfolgsmodell waren aufgrund der Vergütungsregelungen die 500 kW Trockenvergärungsanlagen.

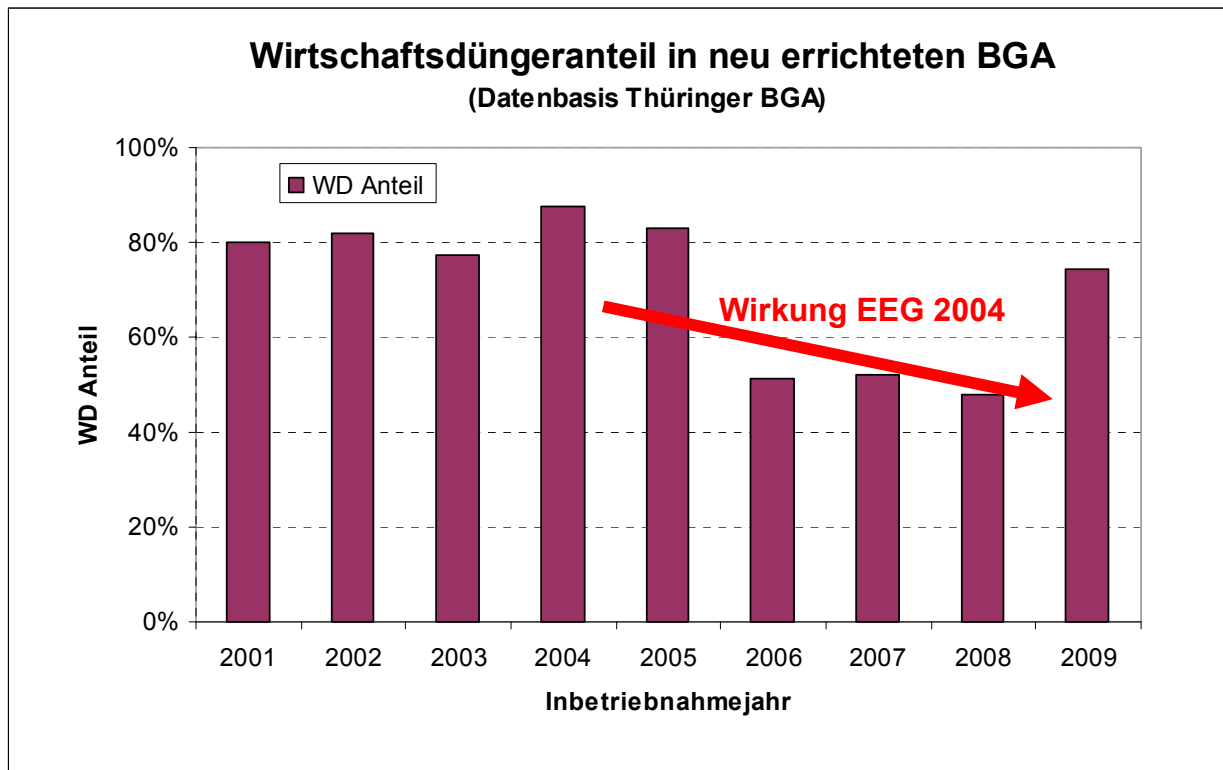
Mit dem EEG 2004 wurde durch den NaWaRo-Bonus der Einsatz von Gülle in einzelnen Regionen nicht weiter gesteigert und durch den neu eingeführten Trockenvergärungsbonus sogar bei diesen Verfahrenskonzepten ganz ausgeschlossen. Das hat zu einer deutlichen Steigerung des

Maiseinsatzes und zu einer relativen Verringerung des Gülleeinsatzes geführt. Gleichzeitig wurde die Vergütung für landwirtschaftliche Biogasanlagen neu geregelt.

Mit der Einführung des NaWaRo-Bonus und des Trockfermentationsbonus wurden folgende Effekte erreicht:

- Trennung von Bioabfall und NaWaRo-Biogasanlage (Ausschließlichkeit)
- Verzicht auf die Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen und Koppelprodukten
- Verzicht auf die Nutzung von Wirtschaftsdüngern (unabhängig vom Tierbesatz) speziell in den kleinräumig strukturierten Agrargebieten, aufgrund des höheren Investitionsbedarfs für Gülle-Einsatz in BGA (Fermentergröße, Gärrestlagergröße) und den sich ergebenden Transportaufwendungen bei Errichtung von BGA im ökonomischen Optimum (500 kW)
- Ausweitung des Maiseinsatzes, da Maissilage den höchsten Methan-ha-Ertrag aufweist

Der Verzicht auf Gülleeinsatz bei neu errichteten Anlagen war selbst am Beispiel von Thüringen, wo strukturbedingt (s.o.) ein hoher Gülleeinsatz die Regel ist, deutlich zu erkennen (Abbildung 38).



**Abbildung 38:** Wirkung des EEG 2004 in Thüringen auf den Anteil von Wirtschaftsdünger (WD, in %) in Biogasanlagen in den Jahren 2001 bis 2009

Mit dem EEG 2009 wurden die Vergütungen für landwirtschaftliche Biogasanlagen wieder neu geregelt. Insgesamt ergaben sich folgende positive Wirkungen:

- Biogasnutzung hat größten Anstieg bei der Stromerzeugung innerhalb der Bioenergiepfade.
- Biogasnutzung stärkt mit dezentraler Bioenergieerzeugung den ländlichen Raum, Grundlage für Bioenergiedörfer bzw. -regionen.
- Bioenergieerzeugung wird zum 4. Standbein der Landwirtschaft, neben der Pflanzen- und Tierproduktion sowie den Dienstleistungen im ländlichen Raum.
- Maisanbau trägt in Marktfruchtregionen zur Auflockerung der Fruchtfolgen und damit zur Erhöhung der Biodiversität bei. Es besteht erhebliches Potenzial für weitere Fruchtarten.
- In Marktfruchtregionen wird zusätzlich dringend benötigter organischer Dünger (Gärreste) erzeugt, d. h. Verminderung des Einsatzes mineralischen Stickstoffs.

Mit der Einführung des Güllebonus 2009 wird außerdem ein starker Anreiz zur Güllenutzung besonders für Anlagen < 150 kW geschaffen. Mit zunehmender Anlagenleistung wird der Güllebonus deutlich abgesenkt, so dass keine Anreize zur Erhöhung des Gülleanteils über 30 % in diesen Anlagen bestehen. Die spezifische Fördersumme je m<sup>3</sup> Gülle sinkt mit steigendem Gülleanteil deutlich.

Mit dem EEG 2009 wurden also, ausgehend vom Güllebonus, kleine Anlagen (150 kW) mit 30 % Gülleinsatz zum Erfolgsmodell. Durch die Kopplung von Gülle und NaWaRo-Bonus bestand aber kein Anreiz zum Gülleinsatz > 30 %. Durch das differenzierte Bonisystem kam es jedoch zu Mitnahmeeffekten, indem durch 30 % Gülleinsatz eine Quersubventionierung des Maiseinsatzes möglich wurde.

Die Regelungen des EEG 2009 haben demnach zusätzlich zu folgenden Wirkungen hinsichtlich Substrateinsatz und Anlagenkonzepten geführt:

- Verringerung der ökonomisch optimalen Anlagengröße von 500 auf 150 kW
- Verstärkung der Nutzung von Wirtschaftsdüngern in den kleinräumig strukturierten Agrargebieten, hier erhöhen die Bestandsanlagen den Gülleanteil auf 35 %. Diese aus dem EEG stammende Grenze wird aufgrund des höheren Investitionsbedarfs für Gülle-Einsatz in BGA (Fermentergröße, Gärrestlagergröße) und den sich ergebenden Transportaufwendungen bei Errichtung von BGA in den Altbundesländern kaum überschritten.
- Weitere starke Ausweitung des Maiseinsatzes in der Fütterung der BGA, da Maissilage den höchsten Methan-*ha*-Ertrag aufweist, in Abhängigkeit von der Anlagengröße besonders im Nordwesten, obwohl auch hier die höchsten Tierkonzentrationen vorhanden sind.

Mit der Einführung des Güllebonus, der auf Grund der Bonus-Höhe die Anlagen bis 150 kW wirtschaftlich bevorteilt, wird eine verstärkte Nutzung von Gülle angestrebt. Unter den Bedingungen **großräumig strukturierter Landwirtschaft**, wie in den östlichen Bundesländern ist einzuschätzen, dass ab 2009 besonders kleinere Tierhaltungsanlagen den Bau einer Biogasan-

lage und damit auch die Nutzung der Wirtschaftsdünger vorbereiteten und realisierten. Der Trend zum Bau von 190 kW-Anlagen möglichst ohne BImSchG-Genehmigung führte somit zu einer verstärkten Wirtschaftsdüngernutzung, da diese Anlagen vorrangig an den Stallanlagen errichtet werden. Größere Tierproduktionsanlagen, die grundsätzlich nach BImSchG zu genehmigen sind, sind z. Zt. weniger an der Errichtung von Biogasanlagen interessiert, da die geforderte gasdichte Gärrestlagerung zu erheblichen finanziellen Mehrbelastungen führen würde. Überschlägig erfordert die Verlängerung der gasdichten Lagerzeit um 60 Tage für die mittlere Thüringer BGA (500 kW, 75 % Gülleanteil) einen zusätzlichen Investitionsbedarf von ca. 250.000 €.

Unter den Bedingungen der **kleinräumig strukturierten Landwirtschaft** im Süden Deutschlands wird durch das EEG 2009 auch über Gülletransporte für mittlere Anlagengrößen, um 100 bis 200 kW, ein zusätzliches Güllepotenzial erschlossen. Für bereits etablierte Anlagen besteht, sofern sie nicht den Trockenvergärungsbonus nutzen, ein hoher ökonomischer Anreiz, die Schwelle von 30 % Gülleeinsatz zu erfüllen. Dies führt zwar zur Erschließung von Güllemengen, was aber oft mit zusätzlichen Transport- und Lageraufwendungen verbunden ist.

**Veredlungsregionen** mit einem hohen Wirtschaftdüngieranfall und hohem GV-Besatz sind traditionell gut für die Nutzung von Wirtschaftsdüngern in BGA geeignet. Durch Fehlorientierung des EEG 2004 (Trockenvergärung) und die dort generierte optimale Anlagengröße von 500 kW ist der Gülleeinsatz in diesen Regionen allerdings zu wenig entwickelt. Weitere Gründe für einen bisher unzureichenden Gülleeinsatz sind die nicht verfügbaren Verwertungsflächen für die Gärreste und die nicht verfügbaren Güllemengen für eine Güllemonovergärung in ausreichender Anlagengröße.

## 6 Ableitung von Handlungsoptionen

### a. Argumentationshilfen zur objektiven Darstellung von Landnutzung und Nutzungsänderungen zur Bioenergieproduktion

#### Maisanbau

- Mais (*Zea mays*) zählt weltweit zu den wichtigsten Kulturpflanzen und wie Hirse und Zuckerrohr, zur Unterfamilie der tropischen Süßgräser.
- Mais ist eine ertragreiche Pflanze mit hoher Wasser- und Stickstoffeffizienz sowie geringem Pflanzenschutzmittelindex.
- Anbaubedingt kritischen Vegetationsabschnitten, wie fehlende Bodenbedeckung über Winter (Nährstoffaustrag) oder später Bestandesschluss (Erosionsgefährdung) kann mit geeigneten Maßnahmen wirkungsvoll begegnet werden.
- Nährstoffe der organischen Dünger können von der Maispflanze sehr gut verwertet werden, so dass der Mais die aus der Kombination Maisanbau und Tierhaltung entstehenden Wirtschaftsdünger ideal verwerten kann.

#### Flächennutzung

- Maisanbauflächen konzentrieren sich agrarstrukturell bedingt in den Gebieten mit hoher Viehdichte.
- In den letzten 20 Jahren steht einem Silomaisflächenzuwachs von 35 % ein Körnermaisflächenzuwachs von 103 % gegenüber, wobei aktuell der Anteil Körnermais 20 % an der Gesamtmaisfläche beträgt.
- Der wachsende Körnermaisbedarf wird u.a. am entsprechenden Zuwachs an Schweinen in den letzten 10 Jahren um 5 % und sinkenden Rinderbeständen um 13 % deutlich.
- Ein Zusammenhang der Grünlandverdrängung durch Maisanbau ist lediglich tendenziell zu erkennen. Die Zahlen zu Grünlandverlusten (Flächenverlusten im Allgemeinen) sind kritisch zu hinterfragen, da die Veränderung statistischer Erhebungsgrenzen objektive Zeitreihenvergleiche erschweren.
- Komplexe Zusammenhänge zwischen Veränderungen auf den globalen Märkten (Öl-, Getreide-, Betriebsmittelpreise) und der Höhe der Maisanbauflächen in Deutschland sind nicht zu erkennen.
- Hoher Biogasanlagen-Besatz (kW/ha Landwirtschaftliche Nutzfläche LF) korrespondiert nicht direkt mit hoher Viehdichte und somit auch nicht mit hohen Flächenanteilen Mais an der LF.
- Ein beschränkter Einsatz von Mais, als effektivstem Einsatzsubstrat in Biogasanlagen, hat zur Erreichung derselben Leistung in der Biogasproduktion mit alternativen Kulturarten, eine höhere Flächennutzung für Bioenergie zur Folge.

#### Umweltwirkungen

- Der Anbau von Mais in Selbstfolge reduziert die potenzielle Artenvielfalt stark, wie jede anuelle Fruchtart, die in Monokultur angebaut wird.



- Der Maisanbau im Fruchtwechsel mit anderen Kulturen fördert die Artenvielfalt von Flora und Fauna auf den Ackerflächen.
- Hohe, dichte und flächenmäßig große Maisbestände behindern im Spätsommer und Frühherbst die individuell subjektiven Sichtachsen in die Landschaft. Gleichzeitig begrünen sie jedoch die Landschaft, wenn z.B. Getreidefelder bereits abgeerntet sind und bieten damit verbleibende Rückzugsgebiete für die verschiedenen Lebensformen.
- Ziel sollte der Einsatz eines möglichst breiten Biogaspflanzenpektrums sein, um einer negativen Wahrnehmung vorzubeugen.
- Die Humusbilanzkoeffizienten von Silomais bedürfen, wegen einer heutigen, weniger intensiven Bodenbearbeitung beim Anbau, einer Korrektur.
- Die Humuswirkung von Gärresten ist höher zu beurteilen als die von unvergorener Gülle. Auch hier bedarf es einer fachlichen Überprüfung.
- Hohe Maisanteile an der Ackerfläche bedingen keine negativen Humussalden, wenn eine Rückführung organischer Dünger (z.B. Gülle, Gärreste) erfolgt.
- N-Überschusssalden sowie starke Erosion auf den Flächen mit Maisanbau sind Fehlern im Betriebsmanagement geschuldet, nicht der Fruchtart (s. o. Maisanbau).

#### Biogasanlagenstruktur/Substrateinsatz

- Mais ist z. Zt. das Einsatzsubstrat mit dem höchsten Methan-Hektar-Ertrag und die Fruchtart mit den geringsten Kosten sowohl als Grundfutter für Wiederkäuer pro Energieeinheit (€/MJNEL) als auch als Substrat für die Biogaserzeugung pro Menge erzeugtem Methan (ct/m<sup>3</sup> Methan).
- Der Maiseinsatzanteil wird bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen wesentlich durch die Agrarstruktur, mit dem entsprechenden Gülleanfall, bestimmt.
- Der Maisanteil an der Biogasanlagenfütterung steigt mit der Anlagengröße deutlich an.
- In kleinräumig strukturierten Agrargebieten (z.B. in Baden-Württemberg) ist der Maisanteil aufgrund der kleineren Einheiten der Tierhaltung und der für die Struktur zu groß dimensionierten Biogasanlagen, höher.
- Das Betriebswachstum in den Veredlungsregionen mit hohem Tierbesatz geht in Richtung Biogas, ohne dass Wirtschaftsdünger verstärkt genutzt werden.

#### Wirkungen des EEG auf Maiseinsatz, Anbaufläche und Anlagengröße

- Mit dem EEG 2000 wurden die Grundlagen für die Einführung der Biogastechnik in die Landwirtschaft geschaffen. Gülle und biogene Reststoffe stellten fast die alleinigen Substrate dar.
- Die EEG-Novellierung 2004, mit Einführung des NaWaRo-Bonus, hat zu einem verstärkten Maisanbau und Einsatz in Biogasanlagen geführt, da Mais den höchsten Methanhektarertrag und damit das kostengünstigste Einsatzsubstrat bietet.
- Mit dem EEG 2004 gab es keinerlei Anreize für eine Güllevergärung, der Maisanteil stieg (Trockenfermentationsbonus).

- Mit dem EEG 2009 wurden, ausgehend vom Güllebonus, kleine Anlagen (150 kW) mit 30 % Gülleinsatz zum Erfolgsmodell. Durch die Kopplung von Gülle und NaWaRo-Bonus bestand jedoch kein Anreiz zum Gülleinsatz > 30 %. Durch das differenzierte Bonisystem kam es dann zu Mitnahmeeffekten, indem durch 30 % Gülleinsatz eine Quersubventionierung des Maiseinsatzes möglich wurde.
- Biogasanlagen in den Veredelungsregionen wurden, bedingt durch das EEG 2004 (Trockenfermentationsbonus), in einer dafür optimalen Anlagengröße von 500 kW errichtet. Um hier hohe Gülleanteile an der Vergärung zu gewährleisten, fehlen selbst in diesen viehstarken Gebieten die Güllemengen.

**b. Mögliche Wege in der Energiepolitik zur Zielerreichung einer nachhaltigen Bioenergieproduktion in allen Regionen Deutschlands**

**Optimierung des Maisanbaus und –einsatzes zur Biogasproduktion**

- ➔ Mais ist unter acker- und pflanzenbaulichen Gesichtspunkten nicht besser oder schlechter als andere Kulturarten. Bei optimiertem Management gibt es keinerlei Bedenken für die Umwelt.
- ➔ Mais ist z.Zt. aufgrund der hohen Ertragsleistung und Verdaulichkeit sowie der geringen Produktionskosten das kostengünstigste Einsatzsubstrat für die Biogasproduktion.
- ➔ Andere Fruchtarten können das Substratspektrum ergänzen, ein umfangreicher Ersatz von Mais mit anderen Kulturarten, würde u.a. aufgrund der geringeren Ertragsleistungen (Trockenmasse, Methan), zu einer erheblichen Flächenausdehnung für die Substratbereitstellung für die Biogasproduktion führen.
- ➔ Der Ersatz von Mais durch den Anbau alternativer Fruchtarten nimmt sicherlich die bestehenden hohen Mais-Konzentrationen aus den betroffenen Landkreisen, verstärkt aber in anderen Landkreisen die ggf. bereits hohe Konzentration dieser Alternativfrüchte.
- ➔ Eine Begrenzung des Maisanteils in Biogasanlagen ist also eine methodenorientierte Maßnahme, die Einhaltung von regional angepassten Fruchtfolgen dagegen eine zielorientierte Maßnahme, die bereits in den Cross-Compliance-Regelungen geregelt und ggf. zu präzisieren ist.
- ➔ Maßnahmen, die in die unternehmerische Entscheidung des Landwirtschaftsbetriebes eingreifen (z.B. Fruchtfolgegestaltung), sind vorzugsweise über das Fachrecht zu regeln.
- ➔ Dünge- und Humuswirkungen von zurückzuführenden Gärresten sind zu überdenken und ggf. im Fachrecht zu regeln.
- ➔ Finanziell weniger attraktive Einsatzsubstrate, die zu einer Diversifizierung, auch des Anbaus, führen würden, sind mit entsprechenden Anreizen zu versehen.
- ➔ Der Einsatz von Gülle ist zu entkoppeln, um die „Sogwirkung“ für den Einsatz pflanzlicher Substrate zu verhindern.

## 7. Literatur

- Breitschuh, G.; Eckert, H. (2006) Kriteriensystem zur Analyse und Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Betriebe, Teil I: <http://www.ttl.de/ainfo/ksnl/ksn10606.pdf> und Teil II: <http://www.ttl.de/ainfo/ksnl/ksn20606.pdf>
- Cross-Compliance- Regelung (2010) Informationsbroschüre für die Empfänger von Direktzahlungen und für bestimmte ELER-Zuwendungsempfänger über die anderweitigen Verpflichtungen – Cross Compliance –, Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz, Ausgabe Thüringen 2010
- Direktzahlungen-Verpflichtungenverordnung (2011) vom 4. November 2004 (BGBl. I S. 2778), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 15. April 2011 (eBA nz 2011 AT49 V1)
- Dziewiaty, K. & P. Bernardy (2007) Auswirkungen zunehmender Biomassenutzung (EEG) auf die Artenvielfalt – Erarbeitung von Handlungsempfehlungen für den Schutz der Vögel der Agrarlandschaft – Endbericht, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Seedorf
- Erhardt, N. (2010) Wie viel Mais geht noch?, DLG-Mitteilungen 3/2011, S.18-19
- FNR (2010) Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen. Ergebnisse des Verbundprojektes „Entwicklung und vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands, EVA I“, FNR Broschüre, 3. veränderte und überarbeitete Auflage
- Freier, B.; Sellmann, J.; Schwarz, J.; Jahn, M.; Moll, E.; Gutsche, V.; Zornbach, W. (2010) Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz – Jahresbericht 2009, Berichte aus dem Julius-Kühn-Institut Nr. 156, ISSN 1866-590X
- Glemnitz, M.; Platen, R.; Brandt, K.; Hufnagel, J.; Saure, Ch. (2010) Energiepflanzenanbau und Biodiversität - Deutschlandweites Verbundprojekt EVA erforscht Alternativen zum Energiemaisanbau, in ForschungsReport 1/2010, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
- Glemnitz, M.; Willms, M.; Hufnagel, J.; Reinicke, F.; Platen, R.; Deumlich, D. (2009) 2. Symposium Energiepflanzen, Gülzower Fachgespräche Band 34, S.175-192
- Herrmann, Ch.; Heiermann, M.; Idler, Ch.; Scholz, V. (2010) Relationen der Methanerträge in Batchtetsts verschiedener Fruchtarten, schriftliche Mitteilung, EVA-Projekt, FNR
- Hölker, U. (2010) Fa. Bioreact, [www.bioreact.de](http://www.bioreact.de)
- Hufnagel, J.; Glemnitz, M.; Deumlich, D.; Willms, M.; Platen, R. (2007) Ökologische Folgewirkungen des Energiepflanzenanbaus auf Ackerflächen - Abschätzung der möglichen Auswirkungen und Skizzierung des Gestaltungsspielraumes für die Landnutzung, ZALF Münchenberg
- InVeKoS-Verordnung (2011) vom 3. Dezember 2004 (BGBl. I S. 3194), zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 15. April 2011 (eBA nz 2011 AT49 V1)
- Körschens, M.; Rogasik, J.; Schulz, E. (2005) Bilanzierung und Richtwerte organischer Bodensubstanz. In: Landbauforschung Völkenrode, 55, 1, 1-10.
- Linker, Sabine (2011) Risikofaktor Finanzmärkte, DLG-Mitteilungen 1/2011
- Lütke Entrup, N.; Breitschuh, T.; Messner, H.; Flade, M. (2011) Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Betriebe mit Maisanbau – Daten aus der Praxis -, Broschüre des Deutschen Maiskomitees, Januar 2011

- Otte, A. (2010) Biogas und Biodiversität - ein Gegensatz?, Vortrag Symposium „Energiepflanzen - Landschaft der Zukunft“, 11.03.2010, Anspach
- Reinhold, G. (1988) Untersuchungen zur großtechnischen Erzeugung und Verwertung von Biogas bei Berücksichtigung der Substratveränderungen, Dissertation
- Reinhold, G.; Klimaneck, E.; Breitschuh, G. (1991) Zum Einfluss der Biogaserzeugung auf die Veränderung in der Kohlenstoffdynamik von Gülle, Archiv für Acker-, Pflanzenbau und Bodenkunde, Berlin 1991, S. 129-137
- Roth, D.; Reinhard, G.; Knoblauch, St., Michel, H. (2005) Wasserhaushaltsgrößen von Kulturpflanzen unter Feldbedingungen, TLL-Schriftenreihe Heft 1/2005, ISSN 0944 - 0348
- Scheffer, F.; Schachtschabel, P. (2002) Lehrbuch der Bodenkunde, Heidelberg, Berlin.
- Schöne, F. (2007) Anforderungen an die Energiepflanzenproduktion aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes. - Symposium "Energiepflanzen" 2007, 24. und 25. Oktober, Berlin, abrufbar unter [http://www.fnr-server.de/cms35/fileadmin/allgemein/pdf/veranstaltungen/energiepflanzen2007/beitraege/Schoene\\_charts.pdf](http://www.fnr-server.de/cms35/fileadmin/allgemein/pdf/veranstaltungen/energiepflanzen2007/beitraege/Schoene_charts.pdf)
- Schümann, K. (2009) Naturschutzstandards für den Biomasseanbau, Tagung „Nachhaltige Nutzung von Bioenergie“, 30.01.2009, Großenhain, abrufbar unter <http://www.smul.sachsen.de/landwirtschaft/9272.htm>
- Statistisches Bundesamt (2010 und 2011) abrufbar unter [www.destatis.de](http://www.destatis.de)
- VDLUFA (2004) VDLUFA-Standpunkt „Humusbilanzierung“, Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (Hrsg.), 30.4.2004
- Vetter, A. (2011) Biodiversität - Im Spannungsfeld der Bioenergie?, 17. Thüringer Bioenergietag, 21.02.2011, Erfurt, abrufbar unter [http://www.tll.de/ainfo/ai\\_idx.htm](http://www.tll.de/ainfo/ai_idx.htm)
- Willms, M.; Deumlich, D.; Hufnagel, J.; Reinicke, F.; Wagner, B.; v. Buttlar, Ch. (2009) Anbauverfahren für Energiepflanzen – Auswirkungen auf Boden und Umwelt. In: FNR (Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe) (Hrsg.), Tagungsband zum KTBL/FNR – Biogas – Kongress vom 15. bis 16. September, Gülzower Fachgespräche Band 32, S. 148 - 162